

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-368383

出 願 人

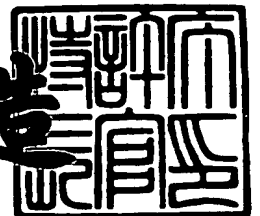
Applicant(s):

コニカ株式会社

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3069526

4803

【書類名】 特許願
【整理番号】 DTM00481
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03B 27/58
F16C 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

【氏名】 木村 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

【氏名】 森 伸芳

【特許出願人】

【識別番号】 000001270

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号

【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【代表者】 植松 富司

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-315100

【出願日】 平成12年10月16日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012265

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対物レンズ、カップリングレンズ、集光光学系及び光ピックアップ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれ比重が 2. 0 以下の材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$N A \geq 0. 7 0$$

但し、N A : 光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項 2】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$N A \geq 0. 7 0$$

但し、N A : 光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項 3】 第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の対物レンズ。

【請求項 4】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1. 1 \leq f 1 / f 2 \leq 3. 3$$

但し、f i : 第 i レンズの焦点距離

【請求項 5】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1

項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 3.2$$

但し、 r_i ：各面の近軸曲率半径

【請求項 6】 使用波長が 500 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 7】 情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 8】 飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 9】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれ比重が 2.0 以下の材料から形成され、少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$v_{di} \leq 65.0$$

$$NA \geq 0.70$$

但し、 v_{di} ：第 i レンズの d 線のアッベ数 ($i = 1$ および 2)

NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項 10】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$v d i \leq 65.0$$

$$N A \geq 0.70$$

但し、 $v d i$ ：第 i レンズの d 線のアップベ数 ($i = 1$ および 2)

$N A$ ：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項 1 1】 第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする請求項 9 または 1 0 に記載の対物レンズ。

【請求項 1 2】 前記回折構造において第 i 面の回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n i$ 、第 i 面の輪帯数を $M i$ 、輪帯間隔の最小値を $P i$ (mm)、対物レンズ全系の焦点距離を f (mm)、及び使用波長を λ (mm) としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 9 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.04 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n i / (M i \cdot P i^2)) \leq 0.3$$

【請求項 1 3】 次式を満たすことを特徴とする請求項 9 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1.1 \leq f 1 / f 2 \leq 3.3$$

但し、 $f i$ ：第 i レンズの焦点距離（第 i レンズが回折構造を有する場合は、屈折レンズと回折構造とを合わせた、第 i レンズ全系の焦点距離）

【請求項 1 4】 次式を満たすことを特徴とする請求項 9 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) \leq 3.2 \quad (8)$$

但し、 $r i$ ：各面の近軸距離半径

【請求項 1 5】 使用波長が 500 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 9 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 1 6】 情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする請求項 9 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 1 7】 前記回折構造で発生する n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、

前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生した n 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項 9 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。ここで、 n は 0、 ± 1 以外の整数である。

【請求項 18】 飽和吸水率が 0.5% 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 9 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 19】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.09 \leq WD / f \leq 0.24$$

但し、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス

f：前記対物レンズの焦点距離

【請求項 20】 第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする請求項 19 に記載の対物レンズ。

【請求項 21】 次式を満たすことを特徴とする請求項 19 または 20 に記載の対物レンズ。

$$1.1 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0$$

但し、 f_i ：第 i レンズの焦点距離

【請求項 22】 次式を満たすことを特徴とする請求項 19 乃至 21 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8$$

但し、 r_i ：各面の近軸距離半径

【請求項 23】 使用波長が 500 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85% 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 19 乃至 22 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 24】 光情報記録媒体の記録および／または再生を行うのに必要

な所定の像側開口数が 0.70 以上であって、前記光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする請求項 19 乃至 24 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 25】 飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 19 乃至 24 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 26】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

光情報記録媒体の記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数が 0.70 以上であって、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.07 \leq WD / ENP \leq 0.20$$

但し、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス

ENP：前記対物レンズの入射瞳径

【請求項 27】 第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする請求項 26 に記載の対物レンズ。

【請求項 28】 次式を満たすことを特徴とする請求項 26 または 27 に記載の対物レンズ。

$$1.1 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0$$

但し、 f_i ：第 i レンズの焦点距離

【請求項 29】 次式を満たすことを特徴とする請求項 26 乃至 28 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8$$

但し、 r_i ：各面の近軸距離半径

【請求項 30】 使用波長が 500 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 26 乃至 29 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 31】 情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする請求項 26 乃至 30 のい

ずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 3 2】 飽和吸水率が 0. 5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 2 6 乃至 3 1 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 3 3】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系

【請求項 3 4】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 3 5】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 3 6】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／

または再生用の集光光学系であって、

前記光情報記録媒体が透明基板を挟んで複数の記録層を有し、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

、
前記異なる記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の異なる記録層での透明基板厚さの差異に起因して発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 3 7】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

、
前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の微少な変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 3 8】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであり

、
前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化、前記情報記録媒体の透明基板厚さの変動及び前記光源の発振波長の変動のうちの少なくとも 2 つの組み合わせに起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 3 9】 前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることを特徴とする請求項 3 3 乃至 3 8 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 4 0】 前記球面収差補正手段は、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズを含み、略平行に入射する光束を入射を略平行に出射す

るビームエキスパンダの構成を有し、少なくとも1つのレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする請求項33乃至38のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項41】 前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする請求項40に記載の集光光学系。

$$\nu d P > \nu d N$$

但し、 $\nu d P$ ：前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッベ数の平均値

$\nu d N$ ：前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッベ数の平均値

【請求項42】 前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする請求項41に記載の集光光学系。

$$\nu d P > 55.0$$

$$\nu d N < 35.0$$

【請求項43】 前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッベ数の平均値と、前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッベ数の平均値との差を $\Delta \nu$ として以下の条件式を満足し、

前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする請求項42に記載の集光光学系。

$$30 \leq \Delta \nu \leq 50$$

【請求項44】 前記球面収差補正手段に含まれる全ての正レンズのアッベ数が70.0以下または前記球面収差補正手段に含まれる全ての負レンズのアッベ数が40.0以上であって、前記正レンズおよび前記負レンズの少なくとも一方が、少なくとも1つの輪帯状の回折構造を有する回折面を備えることを特徴とする請求項40に記載の集光光学系。

【請求項45】 前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする請求項44に記載の集光光学系。

【請求項46】 前記球面収差補正手段はプラスチック材料から形成されることを特徴とする請求項44または45に記載の集光光学系。

【請求項 4 7】 前記球面収差補正手段は飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 4 6 に記載の集光光学系。

【請求項 4 8】 前記回折構造で発生する n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、

前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生した n 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項 4 4 乃至 4 7 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。ここで、 n は 0、 ± 1 以外の整数である。

【請求項 4 9】 前記球面収差補正手段は使用波長が 500 nm 以下で、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 4 0 乃至 4 8 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 5 0】 前記球面収差補正手段は、1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズから構成され、少なくとも 1 つの非球面を有し、少なくとも一方のレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする請求項 4 0 乃至 4 9 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 5 1】 前記可動要素は、前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときには前記正レンズと前記負レンズとの間隔を減少させ、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときには前記正レンズと前記負レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変位することを特徴とする請求項 5 0 に記載の集光光学系。

【請求項 5 2】 次式を満たすことを特徴とする請求項 3 3 乃至 5 1 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

$$NA \geq 0.70$$

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

但し、 NA ：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t ：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

λ : 光源の波長

【請求項 5 3】 前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項 3 3 乃至 5 2 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

$$|\delta f B \cdot N A^2| \leq 0.25 \mu m$$

但し、 $\delta f B$: 前記光源の波長が + 1 n m 変化したときの、合成系の焦点位置の変化 (μm)

【請求項 5 4】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の光源からの光をコリメートし、対物レンズへ入射させるためのカップリングレンズであって

使用波長より 1 0 n m 短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正したことを特徴とするカップリングレンズ。

【請求項 5 5】 少なくとも 1 つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とし、少なくとも 1 つの面を複数の同心状の輪帯段差からなる回折面とした単レンズよりなることを特徴とする請求項 5 4 に記載のカップリングレンズ。

【請求項 5 6】 前記光源側の面が巨視的にみると球面状の回折面であり、前記光源から遠い方の面が光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面であることを特徴とする請求項 5 5 に記載のカップリングレンズ。

【請求項 5 7】 前記回折面の回折次数である、隣り合う輪帯間の光軸方向の段差の長さ λ と回折面前後の屈折率差との積が使用波長 λ (mm) の約何倍であるかを示した整数を n 、前記回折面の輪帯数を M 、輪帯間隔の最小値を P (mm)、及び前記カップリングレンズ全系の焦点距離を $f c$ (mm) として以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 5 5 または 5 6 に記載のカップリングレンズ。

$$0.20 \leq n \cdot f c \cdot \lambda / (M \cdot P^2) \leq 1.0$$

【請求項 5 8】 前記回折構造で発生する n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、

前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前

記回折構造で発生した n 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項 5 5 乃至 5 7 のいずれか 1 項に記載のカップリングレンズ。ここで、 n は 0、 ± 1 以外の整数である。

【請求項 5 9】 相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した 1 群 2 枚構成を有する請求項 5 4 に記載のカップリングレンズ。

【請求項 6 0】 次式を満たし、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする請求項 5 9 に記載のカップリングレンズ。

$$v d P > 55.0$$

$$v d N < 35.0$$

但し、 $v d P$: 正レンズの d 線のアッペ数

$v d N$: 負レンズの d 線のアッペ数

【請求項 6 1】 比重が 2.0 以下の材料から形成されることを特徴とする請求項 5 4 乃至 6 0 のいずれか 1 項に記載のカップリングレンズ。

【請求項 6 2】 プラスチック材料から形成されることを特徴とする請求項 6 1 に記載のカップリングレンズ。

【請求項 6 3】 飽和吸水率が 0.5 % 以下であるプラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項 6 2 に記載のカップリングレンズ。

【請求項 6 4】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に請求項 5 4 乃至 6 3 のいずれか 1 項に記載のカップリングレンズを備え、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項 6 5】 前記光源の発振波長の微少な差異によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 6 4 に記載の集光光学系。

【請求項 6 6】 温度・湿度変化により前記集光光学系を構成するレンズの

屈折率が変化することによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 6 5 に記載の集光光学系。

【請求項 6 7】 前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微少な変動によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 6 4 に記載の集光光学系。

【請求項 6 8】 温度・湿度変化による屈折率変化、前記光源の発振波長の変動、及び前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動の内の少なくとも 2 つの組み合わせによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項 6 4 に記載の集光光学系。

【請求項 6 9】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記光源と前記対物レンズの間に、請求項 5 4 乃至 6 3 のいずれか 1 項に記載のカップリングレンズを備え、

前記光情報記録媒体が透明基板を挟んで複数の記録層を有し、

異なる前記記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、

前記異なる記録層での透明基板厚さの差によって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項 7 0】 前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを変位させ、集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変位させることを特徴とする請求項 6 4 乃至 6 9 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 7 1】 前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであることを特徴とする請求項 6 4 乃至 7 0 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 7 2】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 4 乃至 7 1 のいず

れか 1 項に記載の集光光学系。

$$NA \geq 0.70$$

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

λ ：光源の波長

【請求項 7 3】 前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項 6 4 乃至 7 2 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

$$|\delta f B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu\text{m}$$

但し、 $\delta f B$ ：前記光源の波長が +1 nm 変化したときの、合成系の焦点位置の変化 (μm)

【請求項 7 4】 光源と該光源からの光束を光情報記録媒体の記録面に集光するための対物レンズと前記光源と前記対物レンズとの間に配置される球面収差補正手段とを含む集光光学系と、

前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、

前記反射光を検出することで前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動する第 1 の駆動装置と、

前記反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し、前記球面収差補正手段を作動させる第 2 の駆動装置と、を備えた光ピックアップ装置であって、

前記集光光学系が請求項 3 3 乃至 5 3 および請求項 6 4 乃至 7 3 のいずれか 1 項に記載の集光光学系であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光情報記録媒体の記録および／または再生のための対物レンズ、カ

ップリングレンズ、集光光学系及び光ピックアップ装置に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、短波長赤色半導体レーザーの実用化に伴い、従来の光ディスク（光情報記録媒体）であるCD（コンパクトディスク）と同程度の大ききで大容量化させた高密度の光ディスクであるDVD（デジタルバーサタイルディスク）が開発・製品化されているが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクが登場することが予想される。このような次世代の光ディスクを媒体とした光情報記録再生装置の光学系では、記録信号の高密度化を図るため或いは高密度記録信号を再生するために、対物レンズを介して情報記録面上に集光するスポットの径を小さくすることが要求される。そのためには、光源であるレーザーの短波長化や対物レンズの高開口数化が必要となる。短波長レーザー光源としてその実用化が期待されているのは、発振波長400nm程度の青紫色半導体レーザーである。

【 0 0 0 3 】

ところで、レーザー光源の短波長化や対物レンズの高開口数化が図られてくると、CDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録または再生を行うような、比較的長波長のレーザー光源と低開口数の対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップ装置では、ほとんど無視できた問題でも、より顕在化されることが予想される。

【 0 0 0 4 】

その1つがレーザー光源の微少な発振波長の変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般の光学レンズ材料の微少な波長変動による屈折率変化は短波長を取り扱うほど大きくなる。そのため、微少な波長変動により生じる焦点のデフォーカス量は大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k \cdot \lambda / NA^2$ （ k は比例定数、 λ は波長、 NA は対物レンズの像側開口数）で表されることからわかるように、使用波長が短いほど焦点深度が小さくなり僅かなデフォーカスも許されない。従って、青紫色半導体レーザーのような短波長の光源及び高開口数の対物レンズを用いた光学系では、半導体レーザーのモードホップ現象や出力変化による波長変動や、高周波重畳による波面収差の劣化を防ぐために、軸

上色収差の補正が重要となる。

【0005】

更に、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、温度・湿度変化による光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは、温度や湿度変化を受けて変形しやすく、また、屈折率が大きく変化する。従来の光ピックアップ装置に用いられる光学系ではそれほど問題にならなかった屈折率変化による球面収差の変動も、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化においては無視できない量となる。

【0006】

更に、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、光ディスクの保護層（「透明基板」ともいう）の厚み誤差に起因する光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物レンズの開口数の4乗に比例して発生することが知られている。従って、対物レンズの開口数が大きくなるにつれて保護層の厚み誤差の影響が大きくなり、安定した情報の記録または再生が出来なくなる恐れがある。

【0007】

更に、プラスチックレンズはガラスレンズと比較して温度変化による屈折率や形状変化が大きいので、それによる性能劣化が問題となりやすい。この性能劣化、すなわち球面収差の増大は高NAになるほど大きいので（一般にNAの4乗に比例して増大する）、プラスチック材料から形成されたNA0.70以上の対物レンズでは30℃程度の温度変化があると、情報の記録および／または再生に支障をきたす可能性があった。また、NAが大きくかつ小径の対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上述のような従来技術の問題に鑑み、対物レンズの高開口数（NA

）化に対応し、高性能な対物レンズでありながら従来のプラスチックの単レンズと同様に安価で軽量の対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】

また、プラスチック材料から形成された2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0010】

また、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0011】

また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳による対物レンズで発生する軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズを提供することを目的とする。

【0012】

また、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0013】

また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳に起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0014】

更に、短波長レーザ光源と高開口数の対物レンズとを備え、透明基板を挟んで複数の記録層を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行うことができる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれ比重が 2. 0 以下の材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0 0 1 6】

$$NA \geq 0.70 \quad (1)$$

但し、NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0 0 1 7】

また、請求項 2 に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0 0 1 8】

$$NA \geq 0.70 \quad (1)$$

但し、NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0 0 1 9】

また、請求項 3 に記載の対物レンズは、請求項 1 または 2 において第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする。

【0 0 2 0】

また、請求項 4 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 3 のいずれかにおいて次式を満たすことを特徴とする。

【0 0 2 1】

$$1.1 \leq f_1 / f_2 \leq 3.3 \quad (2)$$

但し、 f_i ：第 i レンズの焦点距離

【0 0 2 2】

また、請求項 5 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて次

式を満たすことを特徴とする。

【0023】

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 3.2 \quad (3)$$

但し、 r_i ：各面の近軸曲率半径

【0024】

また、請求項6に記載の対物レンズは、請求項1乃至5のいずれかにおいて使用波長が500nm以下であり、使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0025】

また、請求項7に記載の対物レンズは、請求項1乃至6のいずれかにおいて情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが0.6mm以下であることを特徴とする。

【0026】

また、請求項8に記載の対物レンズは、請求項1乃至7のいずれかにおいて飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0027】

また、請求項9に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料から形成され、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする。

【0028】

$$v_{di} \leq 65.0 \quad (4)$$

【0029】

$$NA \geq 0.70 \quad (5)$$

但し、 v_{di} ：第*i*レンズの*d*線のアッベ数（ $i = 1$ および2）

NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0030】

また、請求項10に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／また

は再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする。

【0031】

$$vdi \leq 65.0 \quad (4)$$

【0032】

$$NA \geq 0.70 \quad (5)$$

但し、 vdi ：第*i*レンズの*d*線のアッペ数（ $i=1$ および2）

NA ：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0033】

また、請求項11に記載の対物レンズは、請求項9または10において第1面から第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする。

【0034】

また、請求項12に記載の対物レンズは、請求項9乃至11のいずれかにおいて前記回折構造において第*i*面の回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を n_i 、第*i*面の輪帯数を M_i 、輪帯間隔の最小値を P_i （mm）、対物レンズ全系の焦点距離を f （mm）、及び使用波長を λ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0035】

$$0.04 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.3 \quad (6)$$

【0036】

また、請求項13に記載の対物レンズは、請求項9乃至12のいずれかにおいて次式を満たすことを特徴とする。

【0037】

$$1.1 \leq f_1 / f_2 \leq 3.3 \quad (7)$$

但し、 f_i ：第*i*レンズの焦点距離（第*i*レンズが回折構造を有する場合は、屈折レンズと回折構造とを合わせた、第*i*レンズ全系の焦点距離）

【0038】

また、請求項 1 4 に記載の対物レンズは、請求項 9 乃至 1 3 のいずれかにおいて次式を満たすことを特徴とする。

【0 0 3 9】

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 3.2 \quad (8)$$

但し、 r_i : 各面の近軸距離半径

【0 0 4 0】

また、請求項 1 5 に記載の対物レンズは、請求項 9 乃至 1 4 のいずれかにおいて使用波長が 5 0 0 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 8 5 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0 0 4 1】

また、請求項 1 6 に記載の対物レンズは、請求項 9 乃至 1 5 のいずれかにおいて情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする。

【0 0 4 2】

また、請求項 1 7 に記載の対物レンズは、請求項 9 乃至 1 6 のいずれかにおいて前記回折構造で発生する n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生した n 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、 n は 0、 ± 1 以外の整数である。

【0 0 4 3】

また、請求項 1 8 に記載の対物レンズは、請求項 9 乃至 1 7 のいずれかにおいて飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする。

また、請求項 1 9 に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0 0 4 4】

$$0.09 \leq WD / f \leq 0.24 \quad (9)$$

但し、WD : 前記対物レンズのワーキングディスタンス

f : 前記対物レンズの焦点距離

【 0 0 4 5 】

また、請求項 2 0 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 において第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることを特徴とする。

【 0 0 4 6 】

また、請求項 2 1 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 または 2 0 において次式を満たすことを特徴とする。

【 0 0 4 7 】

$$1. \quad 1 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0 \quad (10)$$

但し、 f_i : 第 i レンズの焦点距離

【 0 0 4 8 】

また、請求項 2 2 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 乃至 2 1 のいずれか 1 項において次式を満たすことを特徴とする。

【 0 0 4 9 】

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8 \quad (11)$$

但し、 r_i : 各面の近軸距離半径

【 0 0 5 0 】

また、請求項 2 3 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 乃至 2 2 のいずれか 1 項において使用波長が 5 0 0 nm 以下であり、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 8 5 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【 0 0 5 1 】

また、請求項 2 4 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 乃至 2 4 のいずれか 1 項において光情報記録媒体の記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数が 0.70 以上であって、前記光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0.6 mm 以下であることを特徴とする。

【 0 0 5 2 】

また、請求項 2 5 に記載の対物レンズは、請求項 1 9 乃至 2 4 のいずれか 1 項において飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0053】

また、請求項26に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、光情報記録媒体の記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数が0.70以上であって、次式を満たすことを特徴とする。

【0054】

$$0.07 \leq WD/ENP \leq 0.20 \quad (12)$$

但し、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス

ENP：前記対物レンズの入射瞳径

【0055】

また、請求項27に記載の対物レンズは、請求項26において第1面から第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする。

【0056】

また、請求項28に記載の対物レンズは、請求項26または27において次式を満たすことを特徴とする。

【0057】

$$1.1 \leq f_1/f_2 \leq 5.0 \quad (13)$$

但し、 f_i ：第*i*レンズの焦点距離

【0058】

また、請求項29に記載の対物レンズは、請求項26乃至28のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0059】

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8 \quad (14)$$

但し、 r_i ：各面の近軸距離半径

【0060】

また、請求項30に記載の対物レンズは、請求項26乃至29のいずれか1項において使用波長が500nm以下であり、使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【 0 0 6 1 】

また、請求項 3 1 に記載の対物レンズは、請求項 2 6 乃至 3 0 のいずれか 1 項において情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが 0. 6 mm 以下であることを特徴とする。

【 0 0 6 2 】

また、請求項 3 2 に記載の対物レンズは、請求項 2 6 乃至 3 1 のいずれか 1 項において飽和吸水率が 0. 5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【 0 0 6 3 】

また、請求項 3 3 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 4 】

また、請求項 3 4 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 5 】

また、請求項 3 5 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設け

たことを特徴とする。

【 0 0 6 6 】

また、請求項 3 6 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記光情報記録媒体が透明基板を挟んで複数の記録層を有し、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記異なる記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の異なる記録層での透明基板厚さの差異に起因して発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 7 】

また、請求項 3 7 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 8 】

また、請求項 3 8 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 3 2 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化、前記情報記録媒体の透明基板厚さの変動及び前記光源の発振波長の変動のうちの少なくとも 2 つの組み合わせに起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【 0 0 6 9 】

また、請求項 3 9 に記載の集光光学系は、請求項 3 3 乃至 3 8 のいずれかにお

いて前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることを特徴とする。

【0070】

また、請求項40に記載の集光光学系は、請求項33乃至38のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズを含み、略平行に入射する光束を入射を略平行に出射するビームエキスパンダの構成を有し、少なくとも1つのレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする。

【0071】

また、請求項41に記載の集光光学系は、請求項40において前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする。

【0072】

$$\nu d P > \nu d N \quad (15)$$

但し、 $\nu d P$ ：前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッベ数の平均値

$\nu d N$ ：前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッベ数の平均値

【0073】

また、請求項42に記載の集光光学系は、請求項41において前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする。

【0074】

$$\nu d P > 55.0 \quad (16)$$

【0075】

$$\nu d N < 35.0 \quad (17)$$

【0076】

また、請求項43に記載の集光光学系は、請求項42において前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッベ数の平均値と、前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッベ数の平均値との差を $\Delta \nu$ として以下の条件式を満足し、前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする。

【0077】

$$30 \leq \Delta v \leq 50$$

(18)

【0078】

また、請求項44に記載の集光光学系は、請求項40において前記球面収差補正手段に含まれる全ての正レンズのアッベ数が70.0以下または前記球面収差補正手段に含まれる全ての負レンズのアッベ数が40.0以上であって、前記正レンズおよび前記負レンズの少なくとも一方が、少なくとも1つの輪帯状の回折構造を有する回折面を備えることを特徴とする。

【0079】

また、請求項45に記載の集光光学系は、請求項44において前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする。

【0080】

また、請求項46に記載の集光光学系は、請求項44または45において前記球面収差補正手段はプラスチック材料から形成されることを特徴とする。

【0081】

また、請求項47に記載の集光光学系は、請求項46において前記球面収差補正手段は飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0082】

また、請求項48に記載の集光光学系は、請求項44乃至47のいずれかにおいて前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【0083】

また、請求項49に記載の集光光学系は、請求項40乃至48のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は使用波長が500nm以下で、使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0084】

また、請求項 5 0 に記載の集光光学系は、請求項 4 0 乃至 4 9 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は、1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズから構成され、少なくとも 1 つの非球面を有し、少なくとも一方のレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする。

【 0 0 8 5 】

また、請求項 5 1 に記載の集光光学系は、請求項 5 0 において前記可動要素は、前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を減少させ、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変位することを特徴とする。

【 0 0 8 6 】

また、請求項 5 2 に記載の集光光学系は、請求項 3 3 乃至 5 1 のいずれかにおいて次式を満たすことを特徴とする。

【 0 0 8 7 】

$$NA \geq 0.70 \quad (19)$$

【 0 0 8 8 】

$$t \leq 0.6 \text{ mm} \quad (20)$$

【 0 0 8 9 】

$$\lambda \leq 500 \text{ nm} \quad (21)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

λ ：光源の波長

【 0 0 9 0 】

また、請求項 5 3 に記載の集光光学系は、請求項 3 3 乃至 5 2 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【 0 0 9 1 】

$$|\delta f B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (22)$$

但し、 δf_B ：前記光源の波長が+1 nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化 (μm)

【0092】

また、請求項54に記載のカップリングレンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の光源からの光をコリメートし、対物レンズへ入射させるためのカップリングレンズであって、使用波長より10 nm短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正したことを特徴とする。

【0093】

また、請求項55に記載のカップリングレンズは、請求項54において少なくとも1つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とし、少なくとも1つの面を複数の同心状の輪帯段差からなる回折面とした単レンズよりなることを特徴とする。

【0094】

また、請求項56に記載のカップリングレンズは、請求項55において前記光源側の面が巨視的にみると球面状の回折面であり、前記光源から遠い方の面が光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面であることを特徴とする。

【0095】

また、請求項57に記載のカップリングレンズは、請求項55または56において前記回折面の回折次数である、隣り合う輪帯間の光軸方向の段差の長さと同回折面前後の屈折率差との積が使用波長 λ (nm) の約何倍であるかを示した整数を n 、前記回折面の輪帯数を M 、輪帯間隔の最小値を P (nm)、及び前記カップリングレンズ全系の焦点距離を f_c (nm) として以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0096】

$$0.20 \leq n \cdot f_c \cdot \lambda / (M \cdot P^2) \leq 1.0 \quad (23)$$

【0097】

また、請求項58に記載のカップリングレンズは、請求項55乃至57のいずれかにおいて前記回折構造で発生する n 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を

行うために、前記回折構造で発生した n 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、 n は 0、 ± 1 以外の整数である。

【0098】

また、請求項 59 に記載のカップリングレンズは、請求項 54 において相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した 1 群 2 枚構成を有する。

【0099】

また、請求項 60 に記載のカップリングレンズは、請求項 59 において次式を満たし、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも 1 面に非球面を有することを特徴とする。

【0100】

$$\nu d P > 55.0 \quad (24)$$

【0101】

$$\nu d N < 35.0 \quad (25)$$

但し、 $\nu d P$: 正レンズの d 線のアッペ数

【0102】

$\nu d N$: 負レンズの d 線のアッペ数

【0103】

また、請求項 61 に記載のカップリングレンズは、請求項 54 乃至 60 のいずれかにおいて比重が 2.0 以下の材料から形成されることを特徴とする。

【0104】

また、請求項 62 に記載のカップリングレンズは、請求項 61 においてプラスチック材料から形成されることを特徴とする。

【0105】

また、請求項 63 に記載のカップリングレンズは、請求項 62 において飽和吸水率が 0.5 % 以下であるプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【0106】

また、請求項 6 4 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズとの間に請求項 5 4 乃至 6 3 のいずれかに記載のカップリングレンズを備え、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする。

【 0 1 0 7 】

また、請求項 6 5 に記載の集光光学系は、請求項 6 4 において前記光源の発振波長の微少な差異によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【 0 1 0 8 】

また、請求項 6 6 に記載の集光光学系は、請求項 6 5 において温度・湿度変化により前記集光光学系を構成するレンズの屈折率が変化することによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【 0 1 0 9 】

また、請求項 6 7 に記載の集光光学系は、請求項 6 4 において記載の前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微少な変動によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【 0 1 1 0 】

また、請求項 6 8 に記載の集光光学系は、請求項 6 4 において温度・湿度変化による屈折率変化、前記光源の発振波長の変動、及び前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動の内の少なくとも 2 つの組み合わせによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【 0 1 1 1 】

また、請求項 6 9 に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズの間に、請求項 5 4 乃至 6 3 のいずれかに記載のカップリングレンズを備え、前記光情報記録媒体が透明基板を挟んで複数の記録層を有し、異なる前記記

録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、前記異なる記録層での透明基板厚さの差によって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする。

【0112】

また、請求項70に記載の集光光学系は、請求項64乃至69のいずれかにおいて前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを変位させ、集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変位させることを特徴とする。

【0113】

また、請求項71に記載の集光光学系は、請求項64乃至70のいずれかにおいて前記対物レンズは請求項1乃至32のいずれかに記載の対物レンズであることを特徴とする。

【0114】

また、請求項72に記載の集光光学系は、請求項64乃至71のいずれかにおいて次式を満たすことを特徴とする。

【0115】

$$NA \geq 0.70 \quad (26)$$

【0116】

$$t \leq 0.6 \text{ mm} \quad (27)$$

【0117】

$$\lambda \leq 500 \text{ nm} \quad (28)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

λ ：光源の波長

【0118】

また、請求項73に記載の集光光学系は、請求項64乃至72のいずれかにお

いて前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0119】

$$|\delta f_B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu m \quad (29)$$

但し、 δf_B ：前記光源の波長が+1nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化(μm)

【0120】

また、請求項74に記載の光ピックアップ装置は、光源と該光源からの光束を光情報記録媒体の記録面に集光するための対物レンズと前記光源と前記対物レンズとの間に配置される球面収差補正手段とを含む集光光学系と、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記反射光を検出することで前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動する第1の駆動装置と、前記反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し、前記球面収差補正手段を作動させる第2の駆動装置と、を備えた光ピックアップ装置であって、前記集光光学系が請求項33乃至53および請求項64乃至73のいずれかに記載の集光光学系であることを特徴とする。

【0121】

【作用】

請求項1のように、対物レンズを2枚の正レンズで構成すると各屈折面での収差の発生量が小さく、NAが0.7以上の光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、更に各レンズを比重が2.0以下の材料から形成すると、NAが大きく、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された対物レンズであっても軽量となり、対物レンズのフォーカシング用のアクチュエータに負担をかけることがなく、高速な追従が可能となり、または、より小型のアクチュエータで駆動できるようになり、光ピックアップ装置を小型化できる。また、レンズを2枚構成としたことによりNAが0.7以上と大きいにもかかわらず各屈折面の偏心などの誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズを得ることができる。

【0122】

本発明による対物レンズの第1レンズは、相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成のレンズであってもよい。第1レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量のレンズとすることができる。また、第2レンズについても同様に、相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成としてもよい。第2レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量のレンズとすることができる。

【0123】

請求項2のように、各レンズをプラスチック材料で構成すると、更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価な対物レンズを得ることができる。

【0124】

請求項3のように、全部で4面の屈折面のうち、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他に更にコマ収差、非点収差を良好に補正することができ、対物レンズのチルトや光源との光軸のずれにともなう集光性能の劣化を小さくすることができる。また、レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。

【0125】

請求項4の条件式(2)は第1レンズと第2レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、条件式(2)の上限を超えないようにすると、第3面、すなわち第2レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第1レンズと第2レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、条件式(2)の下限を超えないようにすると、コマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。

【0126】

請求項 5 の条件式 (3) の上限を超えないようにすると、第 1 レンズのメニスカスの度合いが大きくなりすぎることがなく、第 1 レンズの第 1 面と第 2 面との間の軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。下限を超えないようにすると球面収差の補正が不足しない。

【 0 1 2 7 】

請求項 6 のように、使用波長が 5 0 0 n m 以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の 3 m m 厚に対する内部透過率が 8 5 % 以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量を十分得ることができ、読み出し信号の S / N 比を良くすることができる。また、5 0 0 n m 以下、特に 4 0 0 n m 程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【 0 1 2 8 】

請求項 7 のように、光情報記録媒体の透明基板厚が 0 . 6 m m 以下となると透明基板による球面収差の補正効果が小さくなるが、対物レンズを 2 枚構成とすることで球面収差を十分に補正できる。また、対物レンズの N A が 0 . 7 以上となっても前記光情報記録媒体の微少な傾きや反りによるコマ収差の発生が小さく良好な集光性能が得られる。

【 0 1 2 9 】

請求項 8 のように材料を選ぶと、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ内に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによる収差を小さくすることができる。特に N A が大きいと、収差の発生は大きくなる傾向があるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【 0 1 3 0 】

請求項 9 の対物レンズによると、条件式 (4) を満たすようなアッペ数が特異な値を持たない光学材料でも輪帯状の回折構造を持たせることで色収差を良好に補正できる。特に、波長の短い光源では波長の微少変化でも光学材料の屈折率が

大きく変化するが、条件式(4)を満たすようにすると、色収差を十分に補正でき、光源のモードホップなど瞬間的な波長変化が起こっても集光スポットが大きくなることはない。また、比重が2.0以下の材料から形成するので、条件式(5)のようにNAが0.7以上でレンズの外径が大きい2枚構成レンズであっても軽量の対物レンズとすることができる。また、請求項1で述べたようにフォーカス用のアクチュエータへの負担が少ない。

【0131】

上記対物レンズの第1レンズは、相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成のレンズであってもよい。第1レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量のレンズとすることができる。また、第2レンズについても同様に、相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成としてもよい。第2レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量のレンズとすることができる。

【0132】

請求項10のように各レンズをプラスチック材料で構成すると、更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価な対物レンズが得ることができるようになる。

【0133】

請求項11のように全部で4面の屈折面のうち、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他に更にコマ収差、非点収差を良好に補正することができ、対物レンズのチルトや光源との光軸のずれにともなう集光性能の劣化を小さくすることができる。また、レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。

【0134】

請求項 1 2 の条件式 (6) を満足するように前記回折構造を構成すると色収差の補正を適切にすることができる。条件式 (6) の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正されることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【 0 1 3 5 】

請求項 1 3 の条件式 (7) は第 1 レンズと第 2 レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、条件式 (7) の上限を超えないようにすると第 3 面すなわち、第 2 レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第 1 レンズと第 2 レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、条件式 (7) の下限を超えないようにするとコマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。

【 0 1 3 6 】

請求項 1 4 の条件式 (8) の上限を超えないようにすると第 1 レンズのメニスカスの度合いが大きくなり過ぎることがなく、第 1 レンズの第 1 面と第 2 面との間の軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。下限を超えないようにすると球面収差の補正が不足しない。

【 0 1 3 7 】

請求項 1 5 ように使用波長が 5 0 0 n m 以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の 3 m m 厚に対する内部透過率が 8 5 % 以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量を十分得ることができ、読み出し信号の S / N 比を良くすることができる。また、5 0 0 n m 以下、特に 4 0 0 n m 程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【 0 1 3 8 】

請求項 1 6 のように光情報記録媒体の透明基板厚が 0 . 6 m m 以下となると透明基板による球面収差の補正効果が小さくなるが、対物レンズ 2 枚構成とするこ

とで球面収差を十分に補正できる。また、対物レンズのNAが0.7以上となっても前記光情報記録媒体の微少な傾きや反りによるコマ収差の発生が小さく、良好な集光性能が得られる。

【0139】

請求項17のように回折構造を2次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に、1次の回折を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合では、回折効率の波長変化による低下が大きい、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有した対物レンズを得ることができる。

【0140】

請求項18のように材料を選ぶと、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特に、NAが大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0141】

請求項19のようにレンズを2枚の正レンズで構成すると、光線に対する屈折力を4つの面に分配できるので、各屈折面での収差の発生量が小さく、高NAの光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各屈折面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズとすることができる。さらに各レンズをプラスチック材料から形成すると、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された高NAの対物レンズであっても軽量であるので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担の軽減、高速な追従、小型のアクチュエータでの駆動等が可能であり、かつ、射出成形などより大量生産が安価に可能となる。

【0142】

プラスチックレンズはガラスレンズと比較して温度変化による屈折率や形状変化が大きいので、それによる性能劣化が問題となりやすいが、この性能劣化、す

なわち球面収差の増大はNAの4乗に比例して大きくなるので、高NAになるほど問題となる。一般にプラスチックレンズの温度変化に対する屈折率の変化は、 $-10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 程度である。高NAの対物レンズをプラスチック材料から形成された2枚のレンズで構成する場合、対物レンズの焦点距離に対してワーキングディスタンスが小さいと、温度上昇時には補正不足の低次の球面収差が発生し、温度下降時には低次の補正過剰の球面収差が発生する。これに対し、対物レンズの焦点距離に対してワーキングディスタンスを大きくしていくと、温度変化時に上述の低次の球面収差とは逆極性の高次の球面収差を発生させることができる。このとき、対物レンズの焦点距離とワーキングディスタンスが式(9)を満たすことにより、低次の球面収差の発生量と、逆極性の高次の球面収差の発生量のバランスを良好にとることが可能となり、プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、温度変化時における波面収差の劣化の少ない対物レンズとすることができる。式(9)の下限以上で温度上昇時の球面収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で温度上昇時の球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、式(9)の下限以上で温度下降時の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で温度下降時の球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0143】

温度変化時の球面収差を良好に補正するには、式(1)の値は0.14程度がもっとも好ましい。以下、具体例をあげて説明する。図49に基準温度から+30℃温度上昇した場合の、3種類の対物レンズの球面収差図を示す。いずれもプラスチック材料から形成された2枚の正レンズからなる対物レンズである。式(9)の値はそれぞれ、(a) 0.08 (b) 0.14 (c) 0.25である。式(9)の下限を超えた(a)の場合は、温度上昇時にアンダーな低次の球面収差が大きく発生するが、オーバーな高次の球面収差の発生が小さいために全体として補正不足の球面収差となる。これに対し、式(9)の上限を超えた(c)の場合は、温度上昇時にアンダーな低次の球面収差の発生が小さいにもかかわらず、オーバーな高次の球面収差が大きく発生するために全体として補正過剰の球面収差となる。式(1)のもっとも好ましい条件である(a)の場合には、温度上昇時に発生するアンダーな低次の球面収差とオーバーな高次の球面収差との balan

スが取れており、全体としてほぼ完全補正型の球面収差となっている。

【 0 1 4 4 】

また、NAの大きい対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題があったが、式(9)を満たすことで小径であってもワーキングディスタンスを大きく確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができる。

【 0 1 4 5 】

ところで、光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザはその発振波長に $\pm 10\text{ nm}$ ほどの個体間のばらつきがあるが、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合、対物レンズで発生する球面収差は開口数が大きくなるほど大きくなるので、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザは使用できなくなり、光源として使用する半導体レーザの選別が必要となる。さらに、プラスチックレンズはガラスレンズと比較して屈折率が小さいので、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合、対物レンズで発生する球面収差は大きくなりがちであった。しかし、式(9)を満たすことで、プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合に発生する球面収差を小さく抑えることが可能となる。式(9)の下限以上で発振波長が長波長側にずれた時の球面収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で発振波長が長波長側にずれた時の球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、式(9)の下限以上で発振波長が短波長側にずれた時の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で発振波長が短波長側にずれた時の球面収差が補正不足になり過ぎない。

【 0 1 4 6 】

請求項20にあるように、上述の対物レンズにおいて全部で4面の屈折面のうち、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他にさらにコマ収差、非点収差を良好に補正することができるので、対物レンズ

と光源との光軸のずれにともなう波面収差の劣化を小さくすることができる。このとき、少なくとも第1面と第3面の2つの面を非球面とするとより精緻に上述の収差の補正ができるので好ましい。さらに、第2面も非球面とすることで第1レンズと第2レンズの光軸のずれにより発生する収差を小さく抑えることができるのでより好ましい。また、対物レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。

【0147】

請求項21の条件式(10)は第1レンズと第2レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、式(10)の下限以上で温度上昇時の球面収差及び光源の波長が基準波長から長波長側にずれたときの球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、温度下降時の球面収差及び光源の波長が基準波長から短波長側にずれたときの球面収差が補正不足になり過ぎない。さらに、コマ収差や非点収差等の像高特性を良好に補正することができる。また、第1レンズの第1面と第2面との光軸ずれ及び第1レンズと第2レンズとの光軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。式(10)の上限以下で温度上昇時の球面収差及び光源の波長が基準波長から長波長側にずれたときの球面収差が補正不足になり過ぎない。また、温度下降時の球面収差及び光源の波長が基準波長から短波長側にずれたときの球面収差が補正過剰になり過ぎない。さらに、第3面、すなわち第2レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなりすぎず、第2レンズの傾きによる収差劣化を小さくすることができ、第3面の最大有効径位置における非球面の接面と光軸に垂直な平面とのなす角度が大きくなりすぎないので、レンズ成形のための金型の加工が容易になる。また、第1レンズと第2レンズとの間隔が大きくなりすぎないので、対物レンズの全長を小さく抑えることができ、光ピックアップ装置の小型化を達成できる。以上より、式(10)は、 $1.3 \leq f_1 / f_2 \leq 4.2$ を満たすことが好ましい。

【0148】

請求項22の条件式(11)は第1レンズの適切な形状に関するものであり、式(11)の下限以上で第2面、すなわち第1レンズの光情報記録媒体側の面の、最大有効径位置における面の法線と入射光線とのなす角度が小さくなりすぎる

ことがないので、第1面での反射光が光ピックアップ装置の受光素子に入射すること起因する不要信号の検出を防ぐことができる。また、第1レンズの中心厚さが大きくなりすぎないので対物レンズの全長を小さく抑えることができ、光ピックアップ装置の小型化を達成できる。式(11)の上限以下で、第1レンズの第1面と第2面との光軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。以上より、式(11)は $0.8 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.0$ を満たすことが好ましい。

【0149】

請求項23のように、使用波長が500nm以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量を十分得ることができ、読み出し時のS/N比を良くすることができる。また、500nm以下、特に400nm程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0150】

請求項24にあるように、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数(NA)を0.70以上に高めることで(従来の光情報記録媒体、例えばCDでは0.45、DVDでは0.60である)、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。このように対物レンズの開口数を高めることで、光軸に対して垂直な面からの光情報記録媒体の傾きやそりに起因するコマ収差の発生が大きくなるという問題が発生するが、光情報記録媒体の透明基板の厚さを小さくすることでこのようなコマ収差の発生を抑制でき、対物レンズの開口数が0.70以上に高めた場合は、光情報記録媒体の透明基板の厚さ(t)を0.6mm以下にすることが好ましい(従来の光情報記録媒体例えばCDでは1.2mm、DVDでは0.6mmである)。

【 0 1 5 1 】

請求項 2 5 のように材料を選ぶと、空気中の水分を吸収する過程において光学素子中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差を抑えることができる。特に、対物レンズの開口数が大きいと、収差発生は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さく抑えることができる。

【 0 1 5 2 】

請求項 2 6 のようにレンズを 2 枚の正レンズで構成すると、光線に対する屈折力を 4 つの面に分配できるので、各屈折面での収差の発生量が小さく、高 N A の光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各屈折面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズとすることができる。

【 0 1 5 3 】

また、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数 (N A) を 0. 7 0 以上に高めることで情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。一方、N A の大きい対物レンズを 2 枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題が発生する。ワーキングディスタンスを大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくする、すなわち、対物レンズの入射瞳径を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。ピックアップ装置の小型化とワーキングディスタンスの確保を両立するには式 (1 2) を満たすことが好ましい。式 (1 2) の上限を超えないようにすると、第 2 レンズのパワーが強くなりすぎないので、第 2 レンズの製造誤差感度や第 1 レンズと第 2 レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、製造しやすいレンズとすることができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。式 (1 2) の下限を超えないようにすると、小径であってもワーキングディスタンスを大きく確保することができるので、光情報記録媒体のそり

による対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができ、光ピックアップ装置を小型化することができる。以上より、式(12)は、

$0.07 \leq WD/ENP \leq 0.14$ を満たすことが好ましい。

【0154】

請求項27にあるように、上述の対物レンズにおいて全部で4面の屈折面のうち、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他にさらにコマ収差、非点収差を良好に補正することができるので、対物レンズと光源との光軸のずれにともなう波面収差の劣化を小さくすることができる。このとき、少なくとも第1面と第3面の2つの面を非球面とするとより精緻に上述の収差の補正ができるので好ましい。更に、第2面も非球面とすることで第1レンズと第2レンズとの光軸のずれにより発生する収差を小さく抑えることができるのでより好ましい。

【0155】

請求項28の条件式(13)は第1レンズと第2レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、条件式(13)の上限を超えないようにすると第3面すなわち第2レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第1レンズと第2レンズとの光軸ずれによる収差劣化を小さく押さえることができ、さらに第3面の最大有効径位置における非球面の接面と光軸に垂直な平面とのなす角度が大きくなりすぎないので、レンズ成形のための金型の加工が容易になる。条件式(13)の下限を超えないようにするとコマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。

【0156】

請求項29の条件式(14)の上限を超えないようにすると第1レンズのメニスカスの度合いが大きくなり過ぎることがなく、第1レンズの第1面と第2面との間の軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。式(14)の下限を超えないようにすると、第2面、すなわち第1レンズの光情報記録媒体側の面の、最大有効径位置における面の法線と入射光線のなす角度が小さくなり過ぎることがないので、第2面での反射光が光ピックアップ装置の受光素子に入射することに起因する不要信号の検出を防ぐことができる。

【 0 1 5 7 】

請求項 3 0 のように使用波長が 5 0 0 n m 以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録、再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の 3 m m 厚に対する分光透過率が 8 5 % 以上のものを材料とすると記録光の強度が十分得られ、また読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量が十分得ることができ、読み出し信号の S / N 比を良くすることができる。また、5 0 0 n m 以下、特に 4 0 0 n m 程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【 0 1 5 8 】

請求項 3 1 のように光情報記録媒体の透明基板厚が 0 . 6 m m 以下となると透明基板による球面収差の補正効果が小さくなるが、対物レンズ 2 枚構成とすることで球面収差を十分に補正できる。また、対物レンズの N A が 0 . 7 以上となっても前記光情報記録媒体の微少な傾きや反りによるコマ収差の発生が小さく良好な集光性能が得られる。

【 0 1 5 9 】

請求項 3 2 のように材料を選ぶと、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ内に吸水率の差によって屈折率分布が生じにくく、それによる収差を小さくすることができる。特に、N A が大きいと収差の発生は大きくなる傾向があるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【 0 1 6 0 】

以上述べたように請求項 1 ～ 3 2 によって良好な対物レンズが得られるが、N A が大きく、波長のより短い光源を用いて記録密度を大きくしようとする場合、さまざまな誤差の影響、特に球面収差の変動が無視できなくなる。そこで、請求項 3 3 のように光源と前記対物レンズとの間に球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、さまざまな誤差があっても良好な集光特性を維持できる集光光学系を得ることができる。

【 0 1 6 1 】

請求項 3 4 のように温度・湿度の変化により、対物レンズ、特にプラスチックレンズでできた対物レンズなどで発生する球面収差変動を補正する球面収差補正手段を設けると、環境変化に対しても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【 0 1 6 2 】

請求項 3 5 のように光情報記録媒体の透明基板厚の変動によって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、前記光情報記録媒体に製造誤差などがあっても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【 0 1 6 3 】

請求項 3 6 のように光情報記録媒体が保護層などの透明基板を挟んで複数の記録層を有する場合、各記録層における透明基板厚の違いによって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、各記録層への集光スポットはいずれも良好にすることができ、記録面密度が大きい光メモリ用の集光光学系を得ることができる。

【 0 1 6 4 】

請求項 3 7 のように光源の発振波長の差によって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、光源装置の誤差があっても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【 0 1 6 5 】

請求項 3 8 のように、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚の変動、及び光源の発振波長の変動の内の少なくとも 2 つの組み合わせによって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、常に集光特性の良好な集光光学系を得ることができる。このような球面収差補正手段を設けると、対物レンズ、光源、光情報記録媒体などへの要求精度が厳しくなりすぎず、それでいて性能のよい集光光学系が得られる。

【 0 1 6 6 】

請求項 3 9 のように、例えば電圧印加などにより屈折率の分布を生じせしめる装置により、球面球面収差の変動を補正するようにすると、可動部がなく機械的に簡単な構造の集光光学系を得ることができる。

【0167】

請求項40のように、球面収差補正手段を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含むビームエキスパンダの構成とし、少なくとも1つのレンズを光軸方向に沿って変位可能とするようにすると、対物レンズへ入射する光線束の発散度を変化させることができ、球面収差を変化させることができる。また、正レンズと負レンズを含むことにより色収差を補正し易くなり、レンズ位置を固定すれば、波長変動による発散度、すなわち球面収差の変動が抑えられ、モードホップなど瞬間的に発生する波長変動で球面収差補正手段が追従できない場合でも集光スポットの良好な集光光学系を得ることができる。

【0168】

請求項41の条件式(15)を満足するように正レンズと負レンズのアッベ数を選ぶと、色収差が良好に補正された球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0169】

請求項42の条件式(16)および条件式(17)を満足するようにすると、更に好ましく色収差が補正された球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0170】

請求項43の条件式(18)を満足するように正レンズと負レンズのアッベ数の差を選ぶと更に良い。条件式(18)の下限を超えないようにすると、色収差の補正は容易となり、正レンズおよび負レンズの屈折力を大きくしすぎることなく色収差を補正でき、コマ収差などの像高特性の劣化が少ない集光光学系を得ることができる。条件式(18)の上限を超えないようにすると、材料の入手が容易で内部透過率や加工性に問題がある材料となることない。更に、可動要素の材料を比重が2.0以下の材料で形成すると、可動要素が十分に軽量で、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0171】

請求項44のように正レンズをアッベ数が70以下の材料とすれば、耐酸性や

耐候性などに優れた材料を選択でき、負レンズをアッベ数が40以上の材料とすれば内部透過率、特に短波長における透過率の優れた材料を選択できるようになり、輪帯状の回折構造を持たせたことで色収差の補正も十分にできる。

【0172】

請求項45のように可動要素を比重が2.0以下の材料で形成すれば、可動要素が十分に軽量で、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0173】

請求項46のように各レンズをプラスチック材料で構成すると更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価な球面収差補正手段を得ることができる。

【0174】

請求項47のようにすると、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特にNAが大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0175】

請求項48のように回折構造を2次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に、1次の回折光を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合では、回折効率の波長変化による低下が大きいですが、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有した球面収差補正手段を得ることができる。

【0176】

請求項49のように使用波長が500nm以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記球面収差補正手段を往復で通過して、センサへ入射する場合でも光量

を十分得ることができ、読み出し信号の S/N 比を良くすることができる。また、 500 nm 以下、特に 400 nm 程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた球面収差補正手段とすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0177】

請求項50のような構成の球面収差補正手段とすれば簡単で安価であるにもかかわらず性能良好な球面収差補正手段となる。

【0178】

請求項51のように集光光学系で球面収差が補正過剰方向に変動するときは正レンズと負のレンズとの間隔を減少させるようにすると、対物レンズへの入射光束の発散度が大きくなり対物レンズで球面収差が発生し、全体として球面収差が補正される。逆に、球面収差が補正不足の方向に変動したとき正レンズと負のレンズとの間隔を広げるようにすると、対物レンズへの入射光束の発散度が小さなり、あるいは集光光束が入射し、対物レンズでの球面収差の発生が減少し、そのため全系での球面収差が補正される。

【0179】

更に、請求項52の条件式(19)、条件式(21)を満足するような集光光学系とすると、回折によるスポットの広がり小さくなり、より高密度の集光光学系が得られる。また条件式(20)を満たすような光情報記録媒体を用いれば、光情報記録媒体の傾きや反りなどによる集光スポットの広がり小さく良好な記録および／または再生が可能となる。

【0180】

請求項53の条件式(22)を満足するように色収差を補正すると、 NA が0.7以上であっても光源の微少な波長変動によるスポットサイズの広がりを十分に防ぐことができる。

【0181】

請求項54のような光情報記録媒体への記録および／または再生用時に光源からの光をコリメートし対物レンズへ入射させるようにするカップリングレンズにより、 10 nm 程度の波長変動で色収差が過剰に補正されたカップリングレンズ

とすると、対物レンズなどのその他の光学系で発生する色収差と相殺補正することができるカップリングレンズを得ることができる。一般に、カップリングレンズは光源から出射する光束の発散度が小さいため対物レンズに比べ、屈折力が小さくて済み、製造時の要求精度が対物レンズほど厳しくなく、またワーキングディスタンスなどの制約が少ないため、収差補正に余裕がある。色収差をカップリングレンズでキャンセルするようにすれば、色収差を厳しく補正していない対物レンズもこのカップリングレンズと組み合わせて用いることで、波長変動による影響が大きくなる高密度光情報記録用の集光光学系の対物レンズとして使用可能となる。

【 0 1 8 2 】

請求項 5 5 のように、少なくとも 1 つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とすることで 1 枚のレンズでも球面収差を良好に補正することができ、更に 1 つの面を複数の同心状の輪帯段差を有する回折面とすることで色収差を過剰に補正することができ、簡単な構成で請求項 5 4 で述べた作用を有するカップリングレンズを得ることができる。

【 0 1 8 3 】

請求項 5 6 のように光源から遠い方の面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とすると、球面収差の他にコマ収差も良好に補正できる。また光源側の面を巨視的には球面の回折面とすれば簡単な構成でありながら色収差を上記のように過剰補正することができる。

【 0 1 8 4 】

請求項 5 7 のように前記回折面を形成すれば、所望の色収差補正状態のカップリングレンズを得ることができる。条件式 (2 3) の下限を超えないようにすれば、色収差は過剰補正傾向となり、対物レンズなどの色収差を相殺させることができる。条件式 (2 3) の上限を超えないようにすれば、最小輪帯ピッチが小さくなりすぎず、製造容易なカップリングレンズを得ることができる。

【 0 1 8 5 】

請求項 5 8 のように回折構造を 2 次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造

の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に1次の回折を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合では、回折効率の波長変化による低下が大きい、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有したカップリングレンズを得ることができる。

【0186】

請求項59のような1群2枚の接合レンズの構成でも色収差を適度に過剰補正したカップリングレンズを得ることができる。

【0187】

請求項60のように少なくとも1つの面を非球面とすると球面収差を補正できるので、接合面による球面収差の補正効果を見込まなくてもよくなり、色収差の補正を好適にすることができる。条件式(24)および(25)を満たすようにすると更に良好な性能のカップリングレンズを得ることができる。

【0188】

請求項61のように比重が2.0以下の材料で形成すれば、カップリングレンズは十分に軽量とすることができ、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0189】

請求項62のように各レンズをプラスチック材料で構成すると更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価なカップリングレンズを得ることができる。

【0190】

請求項63のようにすると、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特にNAが大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0191】

請求項64のように光源と対物レンズの間に光軸方向に変位できるようにした上述のカップリングレンズを備えた集光光学系とし、光情報記録媒体を含む各光学面で発生する球面収差の変動を、前記カップリングレンズを変位させて補正す

ることで、光源波長がより短く、NAがより大きく、より小さいサイズの集光スポットが必要な、高密度な光メモリ用の集光光学系として使用できる。

【 0 1 9 2 】

請求項 6 5 のように光源の発振波長の誤差やばらつきがあると、波長に違いによる屈折率差により収差の補正のバランスがくずれ、球面収差が変化するが、これを前記カップリングレンズを変位させて補正する集光光学系とすると、常に集光特性が最適に維持された集光光学系を得ることができる。

【 0 1 9 3 】

請求項 6 6 のように温湿度変化によって集光光学系を構成するレンズの屈折率が変化して生ずる球面収差の変動を補正するようにすると、プラスチックレンズなどの材料を用いても温湿度変化の影響を受けない性能良好な集光光学系を得ることができる。

【 0 1 9 4 】

請求項 6 7 のように光情報記録媒体の透明基板厚さが製造誤差でばらついたり、部分的な厚さの違いがある場合でもこれによって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズが変位して補正できるので、さまざまな媒体の状態に対処でき、常に良好な集光状態を維持できる集光光学系を得ることができる。

【 0 1 9 5 】

請求項 6 8 のように温湿度変化、光源の発振波長の差異、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚変動のうち、少なくとも 2 つ以上が組み合わせられたことで発生する球面収差の変動を補正するようにすれば、より使いやすく、常に集光特性の良い集光光学系を得ることができる。

【 0 1 9 6 】

請求項 6 9 のように光情報記録媒体が保護層などの透明基板を挟んで複数の記録層を有するもので、各記録層における透明基板厚の違いによって生ずる球面収差の変動を補正する補正手段を設けると各記録層への集光スポットはいずれも良好にすることができ、記録面密度が大きい光メモリ用の集光光学系を得ることができる。

【 0 1 9 7 】

請求項 7 0 のようにすると集光光学系で球面収差が補正過剰方向に変動するとき前記光源とカップリングレンズとの間隔を減少させ、対物レンズへの入射光束の発散度が大きくなるようにすると対物レンズで球面収差が発生し、全体として球面収差が補正される。逆に球面収差が補正不足の方向に変動したときは前記光源と前記カップリングレンズの間隔を広げるようにすると対物レンズへの入射光束の発散度が小さく、あるいは集光光束が入射するようになり、対物レンズでの球面収差の発生は減少し、そのため全系での球面収差が補正される。

【 0 1 9 8 】

上記請求項 6 4 ～ 7 0 で記載した集光光学系はいずれも請求項 5 4 ～ 6 3 に記載したカップリングレンズを用いているので、対物レンズを含む集光光学系全体で色収差が良好に補正されているので、光源のモードホップなど瞬間的でカップリングレンズの変位が追従できない波長変動が起こっても集光スポットが劣化しない。また、光源の発振波長の差異など変動量が大きく、球面収差の補正バランスがくずれてしまう場合は残存する球面収差をカップリングレンズの変位で補正できる。

【 0 1 9 9 】

請求項 7 1 のように請求項 1 ～ 3 2 で述べた対物レンズを組み合わせると更に良好な集光光学系を得ることができる。

【 0 2 0 0 】

請求項 7 2 のように条件式 (2 6) を満たすような高 N A の対物レンズとすると、集光スポットは小さくすることができ、条件式 (2 7) を満たすような厚さの透明基板厚とすると光情報記録媒体が傾いたり、反ったりすることで集光スポット径が大きくなることを防ぎ、条件式 (2 8) を満たすような短波長に光源を用いると回折の影響が小さく、集光スポットを小さくできる。また、集光光学系全体で色収差が良好に補正されているので、短波長領域で僅かな波長変化による大きな屈折率変化の影響は補正されており、集光スポットを大きくするさまざまな誤差要因によって起こる球面収差変動もカップリングレンズの変位で補正することができ、常に小さい集光スポットが維持でき、高密度の光メモリが実現できるようになる。

【 0 2 0 1 】

請求項 7 3 のように条件式 (2 9) を満たすように集光光学系の色収差を補正すると十分小さい集光スポットが常に得られるようになる。

【 0 2 0 2 】

請求項 7 4 のように光ピックアップ装置を構成すると、記録ピットサイズが小さく記録密度が大きい光情報記録媒体への記録および／または再生が良好に行われる高性能で安価な光ピックアップ装置を得ることができる。集光光学系の選択によって、各々上述した特性がある光ピックアップ装置が得られる。

【 0 2 0 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による実施の形態及び実施例のレンズについて説明する。本実施の形態のレンズにおける非球面は光軸方向を X 軸、光軸に垂直な方向の高さを h 、屈折面の曲率半径を r とするとき次式の数 1 で表す。但し、K を円すい係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【 0 2 0 4 】

【数 1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

また、本実施の形態のレンズにおける回折面は光路差関数 Φ b として次式の数 2 により表すことができる。ここで、h は光軸に垂直な高さであり、 b_{2i} は光路差関数の係数である。

【 0 2 0 5 】

【数 2】

$$\Phi_b = \sum_{i=1} b_{2i} h^{2i}$$

【実施例】

(実施例 1 ～ 5)

【0 2 0 6】

実施例 1, 2, 3, 4, 5 についてのレンズデータを表 1, 2, 3, 4, 5 にそれぞれ示す。いずれの実施例においても非球面プラスチックレンズを 2 枚組み合わせて、NA が 0.85 の対物レンズを得ている。各実施例について図 1、図 3、図 5、図 7、図 9 に光路図を、図 2、図 4、図 6、図 8、図 10 に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。プラスチック材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約 1.0、飽和吸水率は 0.01% 以下であり、その結果、ガラス製のレンズ 2 枚を組み合わせた対物レンズの重量の半分以下にすることができ、NA が 0.85 と大きいにもかかわらず約 0.02 g (鏡枠含まず) とすることができた。各表に示したとおり、第 1 面と第 3 面を含む 2 乃至 3 面を非球面としている。その他上述の条件式に関する値は表 3 6 に記載したとおりである。

【0 2 0 7】

【表 1】

実施例 1

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
2 (非球面2)		21.104	0.600		
3 (非球面3)		0.916	1.100	1.52491	56.5
4		∞	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.110336

A₄ = -0.608085 × 10⁻²A₆ = -0.128275 × 10⁻²A₈ = -0.542297 × 10⁻³A₁₀ = -0.100527 × 10⁻³A₁₂ = -0.310215 × 10⁻⁵A₁₄ = 0.139738 × 10⁻⁷A₁₆ = -0.824879 × 10⁻⁵

非球面2

κ = 105.469400

A₄ = 0.729587 × 10⁻²A₆ = -0.189725 × 10⁻²A₈ = 0.480216 × 10⁻³A₁₀ = -0.210959 × 10⁻²A₁₂ = 0.607924 × 10⁻³

非球面3

κ = -0.193622

A₄ = 0.188729 × 10⁻¹A₆ = -0.173007 × 10⁻¹A₈ = 0.114561 × 10⁰A₁₀ = -0.142900 × 10⁰

【表 2】

実施例2

NA_{obj} 0.85f_{obj} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1)	対物レンズ	1.726	1.797	1.52491	56.5
2 (非球面2)		24.183	0.450		
3		0.903	1.016	1.52491	56.5
4		3.044	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.181873

A₄ = -0.788688 × 10⁻²A₆ = -0.190065 × 10⁻²A₈ = -0.461976 × 10⁻³A₁₀ = -0.191069 × 10⁻³A₁₂ = -0.457597 × 10⁻⁴A₁₄ = 0.180742 × 10⁻⁴A₁₆ = -0.124644 × 10⁻⁴

非球面2

κ = 303.022857

A₄ = 0.646329 × 10⁻²A₆ = -0.128072 × 10⁻²A₈ = -0.296976 × 10⁻²A₁₀ = 0.109133 × 10⁻³

【表 3】

実施例3

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N ₁	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1)	対物レンズ	1.609	1.737	1.52491	56.5
2 (非球面2)		20.403	0.309		
3 (非球面3)		0.950	1.040	1.52491	56.5
4		1.670	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

 $K = -0.176315$ $A_4 = -0.982791 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.239682 \times 10^{-2}$ $A_8 = -0.738613 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.326873 \times 10^{-3}$ $A_{12} = -0.551180 \times 10^{-4}$ $A_{14} = 0.501483 \times 10^{-4}$ $A_{16} = -0.317230 \times 10^{-4}$

非球面2

 $K = 238.838905$ $A_4 = 0.227228 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.901448 \times 10^{-3}$ $A_8 = -0.865489 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.131119 \times 10^{-2}$

非球面3

 $K = 0.086760$ $A_4 = -0.746263 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.674263 \times 10^{-2}$ $A_8 = -0.725839 \times 10^{-2}$ $A_{10} = 0.483039 \times 10^{-1}$

【表 4】

実施例4

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _s	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1)	対物レンズ	1.692	2.663	1.52491	56.5
2 (非球面2)		3.683	0.100		
3 (非球面3)		0.707	0.844	1.52491	56.5
4		∞	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.207684

A₄ = -0.343635 × 10⁻²A₆ = -0.170998 × 10⁻²A₈ = -0.437574 × 10⁻³A₁₀ = 0.511484 × 10⁻⁴A₁₂ = 0.878473 × 10⁻⁷A₁₄ = -0.300568 × 10⁻⁵A₁₆ = -0.117105 × 10⁻⁴

非球面2

κ = 14.860831

A₄ = -0.539072 × 10⁻¹A₆ = 0.954683 × 10⁻¹A₈ = -0.508916 × 10⁻¹A₁₀ = -0.113718 × 10⁰

非球面3

κ = -0.340640

A₄ = -0.297686 × 10⁻¹A₆ = 0.137936 × 10⁰A₈ = 0.622567 × 10⁰A₁₀ = -0.131808 × 10⁺¹

【表 5】

実施例5					
NA _{OBJ} 0.85		f _{OBJ} = 1.765		$\lambda = 405\text{nm}$	
面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1)	対物レンズ	2.344	3.201	1.52491	56.5
2 (非球面2)		-5.218	0.100		
3 (非球面3)		0.911	1.028	1.52491	56.5
4		∞	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

$\kappa = -0.091659$

$A_4 = -0.663594 \times 10^{-2}$

$A_6 = -0.117822 \times 10^{-2}$

$A_8 = -0.265531 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 0.108093 \times 10^{-4}$

$A_{12} = 0.170171 \times 10^{-4}$

$A_{14} = -0.496141 \times 10^{-4}$

$A_{16} = 0.113761 \times 10^{-4}$

非球面3

$\kappa = 0.052454$

$A_4 = 0.304019 \times 10^{-1}$

$A_6 = -0.105823 \times 10^{-1}$

$A_8 = -0.249552 \times 10^{-1}$

$A_{10} = -0.244590 \times 10^0$

非球面2

$\kappa = -28.340577$

$A_4 = 0.263271 \times 10^{-1}$

$A_6 = -0.472160 \times 10^{-1}$

$A_8 = 0.109902 \times 10^{-1}$

$A_{10} = 0.518183 \times 10^{-2}$

(実施例 6 ~ 11)

【0208】

実施例 6, 7, 8, 9, 10, 11 についてのレンズデータを表 6, 7, 8, 9, 10, 11 にそれぞれ示す。第 1 面を含む 1 面乃至 2 面を輪帯状の段差を有する回折面としたことにより対物レンズの色収差を良好に補正できた。各実施例について図 11、図 13、図 15、図 17、図 19、図 21 に光路図を、図 12、図 14、図 16、図 18、図 20、図 22 に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。実施例 6 ~ 11 の対物レンズはプラスチック製で、材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約 1.0、飽和吸水率は 0.01% 以下である。その他上述の条件式に関する値は表 36 に記載したとおりである。なお、各実施例の表では、回折面は段差を無視した上述の数 2 で表される位相関数の係数を与える

ことで表現しており、実際の回折面の形状は各輪帯間の段差による光路差が波長の1倍または2倍となるように輪帯形状を作製している。

【0209】

【表6】

実施例8

NA_{OBJ} 0.85

f_{OBJ} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1, 回折面1)	対物レンズ	2.001	1.683	1.52491	56.5
2 (非球面2)		24.912	0.675		
3 (非球面3)		0.982	1.088	1.52491	56.5
4		-5.337	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.10247

A₄ = -5.5546 × 10⁻³

A₆ = -1.5637 × 10⁻³

A₈ = -4.5919 × 10⁻⁴

A₁₀ = -9.0730 × 10⁻⁵

A₁₂ = -4.8123 × 10⁻⁶

A₁₄ = 9.7834 × 10⁻⁶

A₁₆ = -3.0273 × 10⁻⁶

非球面3

κ = -0.312587

A₄ = 0.215505 × 10⁻¹

A₆ = -0.340499 × 10⁻¹

A₈ = 0.120851 × 10⁰

A₁₀ = -0.107335 × 10⁰

回折面係数

回折面1

b₂ = -1.5428 × 10⁻²

b₄ = -1.6716 × 10⁻⁴

b₆ = -4.3482 × 10⁻⁴

非球面2

κ = -354.211152

A₄ = 0.287649 × 10⁻²

A₆ = 0.713128 × 10⁻³

A₈ = 0.232361 × 10⁻²

A₁₀ = -0.271692 × 10⁻²

A₁₂ = 0.122473 × 10⁻²

【表 7】

実施例 7

NA_{OBJ} 0.85 f_{OBJ} = 1.765 λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1、回折面1)	対物レンズ	1.944	1.700	1.52491	56.5
2 (非球面2)		32.238	0.600		
3 (非球面3)		0.959	1.100	1.52491	56.5
4	透明基板	-6.676	0.150		
5		∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

$$\kappa = -0.10167$$

$$A_4 = -8.3824 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.0712 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -3.8459 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -8.7158 \times 10^{-5}$$

$$A_{12} = -2.9718 \times 10^{-6}$$

$$A_{14} = 8.3886 \times 10^{-6}$$

$$A_{16} = -4.1865 \times 10^{-6}$$

非球面3

$$\kappa = -0.290745$$

$$A_4 = 0.206726 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -0.227468 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = 0.112447 \times 10^0$$

$$A_{10} = -0.970951 \times 10^{-1}$$

回折面係数

回折面1

$$b_2 = -6.3411 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -9.0875 \times 10^{-5}$$

非球面2

$$\kappa = -347.282906$$

$$A_4 = 0.311088 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 0.842228 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0.279401 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -0.261774 \times 10^{-2}$$

$$A_{12} = 0.101541 \times 10^{-2}$$

【表 8】

実施例8

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.959	1.673	1.52491	56.5
2 (非球面2, 回折面2)		20.120	0.586		
3 (非球面3)		1.000	1.085	1.52491	56.5
4		-6.478	0.160		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = -0.12837$ $A_4 = -6.8769 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.2838 \times 10^{-3}$ $A_8 = -3.9729 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -8.5426 \times 10^{-5}$ $A_{12} = -4.2277 \times 10^{-6}$ $A_{14} = 3.0743 \times 10^{-8}$ $A_{16} = -4.1621 \times 10^{-8}$

非球面2

 $\kappa = -347.28$ $A_4 = 3.5358 \times 10^{-2}$ $A_6 = 5.3892 \times 10^{-4}$ $A_8 = 2.2870 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -2.5233 \times 10^{-3}$ $A_{12} = 7.7429 \times 10^{-4}$

非球面3

 $\kappa = -0.309757$ $A_4 = 0.141331 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.245971 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.110065 \times 10^0$ $A_{10} = -0.102902 \times 10^0$

回折面係数

回折面1

 $b_2 = -1.0117 \times 10^{-2}$ $b_4 = -1.2794 \times 10^{-4}$

回折面2

 $b_2 = -1.1317 \times 10^{-2}$ $b_4 = -1.5464 \times 10^{-3}$

【表 9】

実施例9

NA_{obj} 0.85f_{obj} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	v d
絞り			0.000		
1 (非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.658	1.741	1.52491	56.5
2 (非球面2)		23.001	0.295		
3 (非球面3)		1.038	1.001	1.52491	56.5
4		2.848	0.160		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.18259

A₄ = -1.1684 × 10⁻²A₆ = -2.4696 × 10⁻³A₈ = -5.2974 × 10⁻⁴A₁₀ = -2.9709 × 10⁻⁴A₁₂ = -7.7145 × 10⁻⁵A₁₄ = 4.4544 × 10⁻⁵A₁₆ = -2.1248 × 10⁻⁵

非球面3

κ = 0.145033

A₄ = -0.185433 × 10⁻¹A₆ = -0.214689 × 10⁻¹A₈ = 0.524988 × 10⁻²A₁₀ = -0.534332 × 10⁻¹

回折面係数

回折面1

b₂ = -1.4938 × 10⁻²b₄ = -2.4619 × 10⁻³

非球面2

κ = 292.538934

A₄ = 0.209618 × 10⁻²A₆ = -0.193960 × 10⁻²A₈ = -0.400256 × 10⁻³A₁₀ = -0.881532 × 10⁻³

【表 10】

実施例10

NA_{obj} 0.85f_{obj} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.692	2.526	1.52491	56.5
2 (非球面2)		3.304	0.100		
3 (非球面3)		0.727	0.790	1.52491	56.5
4		∞	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.22580

A₄ = -8.1791 × 10⁻³A₆ = -1.0042 × 10⁻³A₈ = -6.4740 × 10⁻⁴A₁₀ = -1.1578 × 10⁻⁴A₁₂ = 2.7678 × 10⁻⁶A₁₄ = 1.7069 × 10⁻³A₁₆ = -1.6811 × 10⁻⁵

非球面3

κ = -0.378420

A₄ = -0.841437 × 10⁻¹A₆ = -0.152828 × 10⁰A₈ = 0.75172 × 10⁰A₁₀ = -0.119708 × 10⁻¹

回折面係数

回折面1

b₂ = -1.3812 × 10⁻²b₄ = -2.0039 × 10⁻³

非球面2

κ = 10.549426

A₄ = -0.131211 × 10⁰A₆ = 0.984014 × 10⁻¹A₈ = -0.497711 × 10⁻¹A₁₀ = -0.731102 × 10⁻¹

【表 1 1】

実施例 11

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
絞り			0.000		
1 (非球面1, 回折面1)	対物レンズ	2.469	3.149	1.52491	56.5
2 (非球面2)		-5.129	0.100		
3 (非球面3)		0.917	0.994	1.52491	56.5
4		∞	0.150		
5	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
6		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -0.17510

A₄ = -8.1876 × 10⁻³A₆ = -1.0237 × 10⁻³A₈ = -5.1004 × 10⁻⁴A₁₀ = 4.5566 × 10⁻⁷A₁₂ = 7.3953 × 10⁻⁵A₁₄ = -5.7905 × 10⁻⁵A₁₆ = 8.9902 × 10⁻⁸

非球面2

κ = -8.663812

A₄ = 0.186859 × 10⁻¹A₆ = -0.415246 × 10⁻¹A₈ = 0.161642 × 10⁻¹A₁₀ = -0.363829 × 10⁻³

非球面3

κ = 0.023136

A₄ = 0.998825 × 10⁻²A₆ = -0.344025 × 10⁻¹A₈ = 0.333581 × 10⁻¹A₁₀ = -0.280500 × 10⁰

回折面係数

回折面1

b₂ = -1.0383 × 10⁻²b₄ = -1.4490 × 10⁻³

(実施例 1 2)

【0 2 1 0】

表 1 2 にレンズデータを示す実施例 1 2 では、対物レンズを 2 枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段を高屈折率で分散の大きい硝材を用いた負レンズと、低分散の硝材を用いた正レンズとによるビームエキスパンダとし、この 2 つのレンズ間隔を可変にすることで球面収差の変動を補正するようにした。本実施例 1 2 に関する光路図を図 2 3 に、球面収差図を図 2 4 に示す。また、硝材を上記のように選択したことにより、集光光学系全体での 1 nm のモードホップによる焦点位置変化は 0. 1 2 μm であり、NA 0. 8 5

でも十分に深度内となる。また、本実施例 1 2 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を後掲の表 2 4 に示す。この表からわかるように、本実施例の光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。

【 0 2 1 1 】

【表 1 2】

実施例 12

面No	f_{OBJ} 0.85	$f_{OBJ} = 1.765$	$f_{OBJ+SA} = 1.494$	$\lambda = 405nm$		
光源			$r(mm)$	$d(mm)$	N_d	$v d$
1	球面収差補正手段		-15.147	1.000	1.80589	27.5
2			7.730	d2(可変)		
3			8.485	1.200	1.52972	64.1
4			-8.858	3.000		
絞り				0.000		
5 (非球面1)	対物レンズ		1.870	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面2)			21.104	0.600		
7 (非球面3)			0.916	1.100	1.52491	56.5
8			∞	0.150		
9	透明基板		∞	0.100	1.61950	30.0
10			∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = -0.110336$ $A_4 = -0.806085 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.128275 \times 10^{-2}$ $A_8 = -0.542297 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.100527 \times 10^{-3}$ $A_{12} = -0.310215 \times 10^{-5}$ $A_{14} = 0.139738 \times 10^{-7}$ $A_{16} = -0.824879 \times 10^{-5}$

非球面2

 $\kappa = 105.489400$ $A_4 = 0.729587 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.189725 \times 10^{-2}$ $A_8 = 0.480216 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.210959 \times 10^{-2}$ $A_{12} = 0.607924 \times 10^{-3}$

非球面3

 $\kappa = -0.193822$ $A_4 = 0.188729 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.173007 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.114561 \times 10^0$ $A_{10} = -0.142900 \times 10^0$

(実施例 1 3)

【 0 2 1 2 】

表 1 3 にレンズデータを示す実施例 1 3 では対物レンズを 2 枚の非球面プラス

チックレンズを組み合せた構成とし、球面収差補正手段を両面非球面の負レンズと両面に輪帯状の回折面を設けた正レンズとにより構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例 1 3 に関する光路図を図 2 5 に、球面収差図を図 2 6 に示す。2 つのレンズはともにポリオレフィン系のプラスチック材料で形成されており、アッペ数が 5 6 程度の一般的な材料であるが、回折構造を設けることにより色収差を非常に良好に補正できている。また、本実施例 1 3 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 2 5 に示す。

【 0 2 1 3 】

【表 1 3】

実施例13

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 1.455 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N ₁	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-50.032	0.800	1.52491	56.5
2 (非球面2)		4.878	d2(可変)		
3 (回折面1)		10.857	1.200	1.52491	56.5
4 (回折面2)		-41.661	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面4)		21.104	0.600		
7 (非球面5)		0.916	1.100	1.52491	56.5
8		∞	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = -762.332639$ $A_4 = 0.104036 \times 10^{-2}$ $A_6 = 0.368940 \times 10^{-3}$ $A_8 = 0.126187 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.290226 \times 10^{-3}$

非球面3

 $\kappa = -0.110336$ $A_4 = -0.606085 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.128275 \times 10^{-2}$ $A_8 = -0.542297 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.100527 \times 10^{-3}$ $A_{12} = -0.310215 \times 10^{-5}$ $A_{14} = 0.139738 \times 10^{-7}$ $A_{16} = -0.824879 \times 10^{-4}$

非球面5

 $\kappa = -0.193622$ $A_4 = 0.188729 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.173007 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.114561 \times 10^0$ $A_{10} = -0.142900 \times 10^0$

回折面係数

回折面1

 $b_2 = -9.6124 \times 10^{-3}$ $b_4 = -8.0038 \times 10^{-4}$

非球面2

 $\kappa = 1.490708$ $A_4 = 0.287567 \times 10^{-3}$ $A_6 = 0.230977 \times 10^{-3}$ $A_8 = -0.147743 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -0.232832 \times 10^{-3}$

非球面4

 $\kappa = 105.469400$ $A_4 = 0.729587 \times 10^{-2}$ $A_6 = -0.189725 \times 10^{-2}$ $A_8 = 0.480216 \times 10^{-3}$ $A_{10} = -0.210959 \times 10^{-2}$ $A_{12} = 0.607924 \times 10^{-3}$

回折面2

 $b_2 = -9.2202 \times 10^{-3}$ $b_4 = 1.5289 \times 10^{-4}$

(実施例 1 4)

【0 2 1 4】

表 1 4 にレンズデータを示す実施例 1 4 では対物レンズを 2 枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段を両面非球面の負レンズと両面が球面の正レンズとで構成し、正レンズをポリオレフィン系のプラスチック材料で形成し、負レンズを高屈折率で分散の大きいプラスチックで形成したビ

ームエキスパンダとし、合成系の色収差を補正している。本実施例14に関する光路図を図27に、球面収差図を図28に示す。また、本実施例14で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動を、ビームムエキスパンダーの可動レンズを光軸に動かすことにより補正した結果を表26に示す。

【0215】

【表14】

実施例14					
NA _{OBJ} 0.85 f _{OBJ} = 1.765 f _{OBJ+SA} = 1.547 λ = 405nm					
面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-23.299	1.000	1.66845	24.3
2 (非球面2)		6.211	d2(可変)		
3		5.684	1.200	1.52491	56.5
4		-10.751	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面4)		21.104	0.600		
7 (非球面5)		0.918	1.100	1.52491	56.5
8		∞	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

$$\kappa = -59.802056$$

$$A_4 = 0.492931 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.170031 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0.531483 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -0.736214 \times 10^{-4}$$

非球面3

$$\kappa = -0.110336$$

$$A_4 = -0.606085 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.128275 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -0.542297 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.100527 \times 10^{-3}$$

$$A_{12} = -0.310215 \times 10^{-5}$$

$$A_{14} = 0.139738 \times 10^{-7}$$

$$A_{16} = -0.824879 \times 10^{-5}$$

非球面5

$$\kappa = -0.193622$$

$$A_4 = 0.188729 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -0.173007 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = 0.114561 \times 10^0$$

$$A_{10} = -0.142900 \times 10^0$$

非球面2

$$\kappa = 1.007642$$

$$A_4 = 0.107646 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.132326 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -0.151895 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -0.481466 \times 10^{-4}$$

非球面4

$$\kappa = 105.469400$$

$$A_4 = 0.729587 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.189725 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 0.480216 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.210959 \times 10^{-2}$$

$$A_{12} = 0.607924 \times 10^{-3}$$

(実施例15)

【 0 2 1 6 】

表 1 5 に レンズ データ を示す 実施例 1 5 は 対物 レンズ を 2 枚 の 非球面 プラスチック レンズ を 組み 合せ た 構成 とし、球面 収差 補正 手段 とし て 1 群 2 枚 の カップリング レンズ を 選択 し た もの で、この カップリング レンズ は 負 レンズ に 分散 の 大きな 材料 を 用い て、対物 レンズ の 色 収差 を 補正 でき る よう に し て い る。本 実施例 1 5 に 関する 光路 図を 図 2 9 に、球面 収差 図を 図 3 0 に 示す。また、本 実施例 1 5 で、様々 な 原因 に 起因 し て 光学 系 で 発生 し た 球面 収差 の 変動 を、カップリング レンズ を 光軸 に 沿っ て 動か す こ と に よ り 補正 し た 結果 を 表 2 7 に 示す。

【 0 2 1 7 】

【表 1 5】

実施例15

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ-SA} = 8.244

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源			d0(可変)		
1	球面収差補正手段	14.551	1.000	1.91409	23.8
2		2.387	2.100	1.71548	53.2
3 (非球面1)		-5.102	d3(可変)		
絞り			0.000		
4 (非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
5 (非球面4)		21.104	0.600		
6 (非球面5)		0.916	1.100	1.52491	56.5
7		∞	0.160		
8	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
9		∞			

非球面係数

非球面1

κ = 0.299104

A₄ = -0.116889 × 10⁻²A₆ = -0.226521 × 10⁻³A₈ = -0.151997 × 10⁻⁴A₁₀ = -0.999215 × 10⁻⁵

非球面2

κ = -0.110336

A₄ = -0.606085 × 10⁻²A₆ = -0.128275 × 10⁻²A₈ = -0.542297 × 10⁻³A₁₀ = -0.100527 × 10⁻³A₁₂ = -0.310215 × 10⁻⁶A₁₄ = 0.139738 × 10⁻⁷A₁₆ = -0.824879 × 10⁻⁵

非球面4

κ = -0.193622

A₄ = 0.188729 × 10⁻¹A₆ = -0.173007 × 10⁻¹A₈ = 0.114561 × 10⁰A₁₀ = -0.142900 × 10⁰

非球面3

κ = 105.469400

A₄ = 0.729587 × 10⁻²A₆ = -0.189725 × 10⁻²A₈ = 0.480216 × 10⁻³A₁₀ = -0.210959 × 10⁻²A₁₂ = 0.607924 × 10⁻³

(実施例 1 6)

【0 2 1 8】

表 1 6 にレンズデータを示す実施例 1 6 では光源側を巨視的には平面の回折面とし、光源から遠い側の面を非球面としたプラスチックのカップリングレンズとしている。本実施例のカップリングレンズは簡単な構成でかつ安価で、また非常に軽量なので、球面収差を補正するためにカップリングレンズを駆動させるアクチュエータへの負担が少なく、また慣性が小さいので高速駆動が可能となる。更

に、回折面により対物レンズの色収差を含めて合成系での色収差を良好に補正することができる。本実施例16に関する光路図を図31に、球面収差図を図32に示す。また、本実施例16で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表28に示す。

【0219】

【表16】

実施例16					
NA _{OBJ} 0.85 f _{OBJ} = 1.785 f _{OBJ+SA} = 3.159 λ = 405nm					
面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源			d0(可変)		
1 (回折面1)	球面収差補正手段	∞	1.200	1.52491	56.5
2 (非球面1)		-11.252	d2(可変)		
絞り			0.000		
3 (非球面2)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
4 (非球面3)		21.104	0.600		
5 (非球面4)		0.916	1.100	1.52491	56.5
6		∞	0.150		
7	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
8		∞			

非球面係数

非球面1

$$\kappa = -1.326573$$

$$A_4 = 0.149622 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -0.115965 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 0.386094 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -0.399163 \times 10^{-4}$$

非球面2

$$\kappa = -0.110336$$

$$A_4 = -0.606085 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.128275 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -0.542297 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.100527 \times 10^{-3}$$

$$A_{12} = -0.310215 \times 10^{-5}$$

$$A_{14} = 0.139738 \times 10^{-7}$$

$$A_{16} = -0.824879 \times 10^{-5}$$

非球面4

$$\kappa = -0.193622$$

$$A_4 = 0.188729 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -0.173007 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = 0.114561 \times 10^0$$

$$A_{10} = -0.142900 \times 10^0$$

回折面係数

回折面1

$$b_2 = -1.9039 \times 10^{-2}$$

$$b_4 = -5.4751 \times 10^{-5}$$

非球面3

$$\kappa = 105.469400$$

$$A_4 = 0.729587 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -0.189725 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 0.480216 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.210959 \times 10^{-2}$$

$$A_{12} = 0.607924 \times 10^{-3}$$

(実施例 1 7)

【0 2 2 0】

表 1 7 にレンズデータを示す実施例 1 7 は対物レンズを 2 枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1 つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は正と負の 2 枚の同じプラスチック材料からなる非球面レンズを組み合わせたビームエキスパンダとしており、球面収差補正手段では、色収差は補正不足であるが、対物レンズの回折面の作用により合成系の色収差を良好に補正している。本実施例 1 7 に関する光路図を図 3 3 に、球面収差図を図 3 4 に示す。また、本実施例 1 7 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 2 9 に示す。

【0 2 2 1】

【表 1 7】

実施例17

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 1.455 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-19.492	0.800	1.52491	56.5
2 (非球面2)		18.605	d2(可変)		
3		17.164	1.200	1.52491	56.5
4		-26.623	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3, 回折面1)	対物レンズ	2.001	1.683	1.52491	56.5
6 (非球面4)		24.912	0.575		
7 (非球面5)		0.982	1.088	1.52491	56.5
8		-5.337	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = -6.217954$ $A_4 = 0.248545 \times 10^{-3}$ $A_6 = 0.101205 \times 10^{-3}$ $A_8 = 0.200087 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -0.172459 \times 10^{-4}$

非球面3

 $\kappa = -0.10247$ $A_4 = -5.5546 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.5637 \times 10^{-3}$ $A_8 = -4.5919 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -9.0730 \times 10^{-5}$ $A_{12} = -4.8123 \times 10^{-6}$ $A_{14} = 9.7834 \times 10^{-6}$ $A_{16} = -3.0273 \times 10^{-6}$

非球面5

 $\kappa = -0.312587$ $A_4 = 0.215505 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.340499 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.120851 \times 10^0$ $A_{10} = -0.107335 \times 10^0$

回折面係数

回折面1

 $b_2 = -1.5428 \times 10^{-2}$ $b_4 = -1.6716 \times 10^{-4}$ $b_6 = -4.3482 \times 10^{-4}$

非球面2

 $\kappa = 10.650678$ $A_4 = 0.165177 \times 10^{-3}$ $A_6 = 0.836892 \times 10^{-4}$ $A_8 = 0.221189 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -0.164006 \times 10^{-4}$

非球面4

 $\kappa = -354.211152$ $A_4 = 0.287649 \times 10^{-2}$ $A_6 = 0.713128 \times 10^{-3}$ $A_8 = 0.232361 \times 10^{-2}$ $A_{10} = -0.271692 \times 10^{-2}$ $A_{12} = 0.122473 \times 10^{-2}$

(実施例 1 8)

【 0 2 2 2 】

表 1 8 に レンズ データ を 示 す 実施例 1 8 は 対物 レンズ を 2 枚 の 非球面 プラスチ

ックレンズを組み合せた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面の負レンズと両面が球面の正レンズで構成し、正レンズをポリオレフィン系のプラスチック材料で形成したビームエキスパンダである。本実施例18に関する光路図を図35に、球面収差図を図36に示す。ビームエキスパンダに色収差補正を負担させたので、対物レンズの回折面の屈折力は小さくすることができるので、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起こり難い。また、本実施例18で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表30に示す。

【 0 2 2 3 】

【表 1 8】

実施例18

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 1.542

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-23.128	0.800	1.66845	24.3
2 (非球面2)		18.832	d2(可変)		
3		25.516	1.200	1.52491	56.5
4		-14.288	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3, 回折面1)	対物レンズ	1.944	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面4)		32.238	0.600		
7 (非球面5)		0.959	1.100	1.52491	56.5
8		-6.676	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

κ = 15.803380

A₄ = 0.792641 × 10⁻⁵A₆ = 0.207367 × 10⁻⁴A₈ = -0.304918 × 10⁻⁴A₁₀ = -0.202154 × 10⁻⁴

非球面3

κ = -0.10167

A₄ = -6.3824 × 10⁻³A₆ = -1.0712 × 10⁻³A₈ = -3.8459 × 10⁻⁴A₁₀ = -8.7158 × 10⁻⁵A₁₂ = -2.9718 × 10⁻⁵A₁₄ = 8.3886 × 10⁻⁶A₁₆ = -4.1865 × 10⁻⁶

非球面5

κ = -0.290745

A₄ = 0.208728 × 10⁻¹A₆ = -0.227468 × 10⁻¹A₈ = 0.112447 × 10⁰A₁₀ = -0.970951 × 10⁻¹

回折面係数

回折面1

b₂ = -8.3411 × 10⁻³b₄ = -9.0875 × 10⁻⁵

非球面2

κ = -3.810802

A₄ = -0.607994 × 10⁻⁴A₆ = -0.168746 × 10⁻⁴A₈ = -0.430104 × 10⁻⁵A₁₀ = -0.222084 × 10⁻⁴

非球面4

κ = -347.282906

A₄ = 0.311088 × 10⁻²A₆ = 0.842228 × 10⁻³A₈ = 0.279401 × 10⁻²A₁₀ = -0.261774 × 10⁻²A₁₂ = 0.101541 × 10⁻²

(実施例 1 9)

【0 2 2 4】

表 1 9 に レンズ データ を 示 す 実施例 1 9 は 対物 レンズ を 2 枚 の 非球面 プラスチ

ックレンズを組み合せた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面の負のプラスチックレンズと両面が球面で両方の面に回折面を設けたの正プラスチックレンズとから構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例19に関する光路図を図37に、球面収差図を図38に示す。この実施例では対物レンズとビームエキパンダーの2個所に回折面を設け、色収差を補正しているので、各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起こり難い。また、本実施例19で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表31に示す。

【0225】

【表 19】

実施例19					
NA _{obj} 0.85 f _{obj} = 1.785 f _{obj-SA} = 1.542 λ = 405nm					
面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-20.202	0.800	1.52491	56.5
2 (非球面2)		15.224	d2(可変)		
3 (回折面1)		13.592	1.200	1.52491	56.5
4 (回折面2)		-419.053	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3, 回折面3)	対物レンズ	1.944	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面4)		32.238	0.600		
7 (非球面5)		0.959	1.100	1.52491	56.5
8		-6.676	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

$$\kappa = -45.250451$$

$$A_4 = 0.921085 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.655964 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -0.118168 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.654080 \times 10^{-5}$$

非球面3

$$\kappa = -0.10167$$

$$A_4 = -6.3824 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.0712 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -3.8459 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -6.7158 \times 10^{-5}$$

$$A_{12} = -2.9718 \times 10^{-6}$$

$$A_{14} = 8.3886 \times 10^{-8}$$

$$A_{16} = -4.1885 \times 10^{-6}$$

非球面5

$$\kappa = -0.290745$$

$$A_4 = 0.208728 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -0.227468 \times 10^{-1}$$

$$A_8 = 0.112447 \times 10^0$$

$$A_{10} = -0.970951 \times 10^{-1}$$

回折面係数

回折面1

$$b_2 = -3.7752 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -3.0596 \times 10^{-4}$$

回折面2

$$b_2 = -3.8256 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = 6.0638 \times 10^{-5}$$

非球面2

$$\kappa = 42.724519$$

$$A_4 = 0.733944 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.438368 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -0.120250 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -0.105031 \times 10^{-4}$$

非球面4

$$\kappa = -347.282906$$

$$A_4 = 0.311088 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 0.842228 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0.279401 \times 10^{-2}$$

$$A_{10} = -0.281774 \times 10^{-2}$$

$$A_{12} = 0.101541 \times 10^{-2}$$

回折面3

$$b_2 = -6.3411 \times 10^{-3}$$

$$b_4 = -9.0875 \times 10^{-5}$$

(実施例 20)

【0226】

表 20 にレンズデータを示した実施例 20 は対物レンズを 2 枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1 つの面に回折面を設け、色収差を補正し

ている。球面収差補正手段は両面非球面のプラスチックで形成されたカップリングレンズである。対物レンズに設けた回折面で合成系の色収差を良好に補正している。本実施例 2 0 に関する光路図を図 3 9 に、球面収差図を図 4 0 に示す。カップリングレンズは安価、軽量であることは同様である。また、本実施例 2 0 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 3 2 に示す。

【 0 2 2 7 】

【表 2 0】

実施例 20

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 3.922 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源			d0(可変)		
1 (非球面1)	球面収差補正手段	218.395	1.200	1.52491	56.5
2 (非球面2)		-4.798	d2(可変)		
絞り			0.000		
3 (非球面3, 回折面1)	対物レンズ	2.001	1.683	1.52491	56.5
4 (非球面4)		24.912	0.575		
5 (非球面5)		0.982	1.088	1.52491	56.5
6		-5.337	0.150		
7	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
8		∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = -4336.984251$ $A_4 = -0.249284 \times 10^{-3}$ $A_6 = -0.768502 \times 10^{-4}$ $A_8 = -0.471233 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -0.386475 \times 10^{-4}$

非球面3

 $\kappa = -0.10247$ $A_4 = -5.5546 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.5637 \times 10^{-3}$ $A_8 = -4.5919 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -9.0730 \times 10^{-5}$ $A_{12} = -4.8123 \times 10^{-6}$ $A_{14} = 9.7834 \times 10^{-8}$ $A_{16} = -3.0273 \times 10^{-8}$

非球面5

 $\kappa = -0.312587$ $A_4 = 0.215505 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.340499 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.120851 \times 10^0$ $A_{10} = -0.107335 \times 10^0$

回折面係数

回折面1

 $b_2 = -1.5428 \times 10^{-2}$ $b_4 = -1.6716 \times 10^{-4}$ $b_6 = -4.3482 \times 10^{-4}$

非球面2

 $\kappa = -0.267994$ $A_4 = 0.137299 \times 10^{-3}$ $A_6 = -0.186504 \times 10^{-4}$ $A_8 = -0.293545 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -0.215252 \times 10^{-4}$

非球面4

 $\kappa = -354.211152$ $A_4 = 0.287649 \times 10^{-2}$ $A_6 = 0.713128 \times 10^{-3}$ $A_8 = 0.232361 \times 10^{-2}$ $A_{10} = -0.271692 \times 10^{-2}$ $A_{12} = 0.122473 \times 10^{-2}$

(実施例 2 1)

【0 2 2 8】

表 2 1 にレンズデータを示した実施例 2 1 は対物レンズを 2 枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1 つの面に回折面を設け、色収差を補正し

ている。球面収差補正手段は光を側が巨視的には平面の回折面とし、光源から遠い側の面を非球面としたプラスチックのカップリングレンズとしている。本実施例 2 1 に関する光路図を図 4 1 に、球面収差図を図 4 2 に示す。対物レンズとカップリングレンズの 2 個所に回折面を設け、色収差を補正しているので、各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起こり難い。また、本実施例 2 1 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 3 3 に示す。

【 0 2 2 9 】

【表 2 1】

実施例21

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 4.798 $\lambda = 405\text{nm}$

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源			d0(可変)		
1 (回折面1)	球面収差補正手段	∞	1.000	1.52491	56.5
2 (非球面1)		-5.832	d2(可変)		
絞り			0.000		
3 (非球面2, 回折面2)	対物レンズ	1.944	1.700	1.52491	56.5
4 (非球面3)		32.238	0.600		
5 (非球面4)		0.959	1.100	1.52491	56.5
6		-8.876	0.150		
7	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
8		∞			

非球面係数

非球面1

 $\kappa = 0.878937$ $A_4 = -0.781949 \times 10^{-3}$ $A_6 = -0.206309 \times 10^{-4}$ $A_8 = 0.857589 \times 10^{-6}$ $A_{10} = -0.203961 \times 10^{-5}$

非球面2

 $\kappa = -0.10167$ $A_4 = -6.3824 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.0712 \times 10^{-3}$ $A_8 = -3.8459 \times 10^{-4}$ $A_{10} = -8.7158 \times 10^{-5}$ $A_{12} = -2.9718 \times 10^{-6}$ $A_{14} = 8.3886 \times 10^{-6}$ $A_{16} = -4.1865 \times 10^{-6}$

非球面4

 $\kappa = -0.290745$ $A_4 = 0.206726 \times 10^{-1}$ $A_6 = -0.227468 \times 10^{-1}$ $A_8 = 0.112447 \times 10^0$ $A_{10} = -0.970951 \times 10^{-1}$

回折面係数

回折面1

 $b_2 = -1.4762 \times 10^{-2}$ $b_4 = 1.2805 \times 10^{-3}$

非球面3

 $\kappa = -347.282906$ $A_4 = 0.311088 \times 10^{-2}$ $A_6 = 0.842228 \times 10^{-3}$ $A_8 = 0.279401 \times 10^{-2}$ $A_{10} = -0.261774 \times 10^{-2}$ $A_{12} = 0.101541 \times 10^{-2}$

回折面2

 $b_2 = -6.3411 \times 10^{-3}$ $b_4 = -9.0875 \times 10^{-5}$

(実施例 2 2)

【0 2 3 0】

表 2 2 に レンズ データ を 示 し た 実 施 例 2 2 は 対 物 レンズ を 2 枚 の 非 球 面 プラス

チックレンズを組み合せた構成とし、球面収差補正手段として、両面非球面の負のプラスチックレンズと両面が球面に回折面を設けた正プラスチックレンズとから構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例 2 2 に関する光路図を図 4 3 に、球面収差図を図 4 4 に示す。ビームエキスパンダに 2 つの回折面を設け、色収差を補正しているので、各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起こり難い。また、本実施例 2 2 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 3 4 に示す。また、本実施例の光学系は、片側の面に 2 層の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生が可能である。第 1 の記録層の透明基板厚さは 0. 1 mm、第 2 の記録層の透明基板厚さは 0. 2 mm である。表 3 4 にあるように、この透明基板厚さの違いにより発生する球面収差をビームエキスパンダの可動レンズを光軸方向に沿って動かすことで補正している。可動レンズの変移量を大きくすることで 3 層以上の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生も可能である。

【 0 2 3 1 】

【表 2 2】

実施例 22

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.785f_{OBJ+SA} = 1.233

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源					
1 (非球面1)	球面収差補正手段	-46.369	0.800	1.52491	56.5
2 (非球面2)		4.974	d2(可変)		
3 (回折面1)		-319.213	1.200	1.52491	56.5
4 (回折面2)		-11.782	3.000		
絞り			0.000		
5 (非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
6 (非球面4)		21.104	0.600		
7 (非球面5)		0.918	1.100	1.52491	56.5
8		∞	0.150		
9	透明基板	∞	d9(可変)	1.61950	30.0
10		∞			

非球面係数

非球面1

κ = -423.235373

A₄ = 0.439197 × 10⁻³A₆ = -311837 × 10⁻³A₈ = -0.297922 × 10⁻⁴A₁₀ = -0.245602 × 10⁻³

非球面3

κ = -0.110336

A₄ = -0.806085 × 10⁻²A₆ = -0.128275 × 10⁻²A₈ = -0.542297 × 10⁻³A₁₀ = -0.100527 × 10⁻³A₁₂ = -0.310215 × 10⁻⁶A₁₄ = 0.139738 × 10⁻⁷A₁₆ = -0.824879 × 10⁻⁵

非球面5

κ = -0.193622

A₄ = 0.188729 × 10⁻¹A₆ = -0.173007 × 10⁻¹A₈ = 0.114561 × 10⁰A₁₀ = -0.142900 × 10⁰

回折面係数

回折面1

b₂ = -1.0252 × 10⁻²b₄ = -4.5888 × 10⁻⁴

非球面1

κ = 1.185359

A₄ = -0.110225 × 10⁻³A₆ = -0.997977 × 10⁻⁶A₈ = -0.453330 × 10⁻³A₁₀ = -0.958223 × 10⁻⁴

非球面4

κ = 105.469400

A₄ = 0.729587 × 10⁻²A₆ = -0.189725 × 10⁻²A₈ = 0.480216 × 10⁻³A₁₀ = -0.210959 × 10⁻²A₁₂ = 0.607924 × 10⁻³

回折面2

b₂ = -9.8124 × 10⁻³b₄ = 2.4328 × 10⁻⁶

(実施例 2 3)

【0 2 3 2】

表 2 3 に レンズ データ を示した 実施例 2 3 は 対物 レンズ を 2 枚 の 非球面 プラスチック レンズ を 組み 合 せ た 構 成 と し、 1 つ の 面 に 回 折 面 を 設 け、 色 収 差 を 補 正 し

ている。球面収差補正手段は両面非球面のプラスチックで形成されたカップリングレンズである。高屈折率で分散の大きいプラスチック材料で形成したビームエキスパンダとしている。本実施例 2 3 に関する光路図を図 4 5 に、球面収差図を図 4 6 に示す。また、本実施例 2 3 で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表 3 5 に示す。また、本実施例の光学系は、片側の面に 2 層の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生が可能である。第 1 の記録層の透明基板厚さは 0. 1 mm、第 2 の記録層の透明基板厚さは 0. 2 mm である。表 3 5 にあるように、この透明基板厚さの違いにより発生する球面収差をカップリングレンズを光軸方向に沿って動かすことで補正している。カップリングレンズの変移量を大きくすることで 3 層以上の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生も可能である。

【 0 2 3 3 】

【表 2 3】

実施例23

NA_{OBJ} 0.85f_{OBJ} = 1.765f_{OBJ+SA} = 3.609

λ = 405nm

面No		r(mm)	d(mm)	N _d	ν d
光源			d0(可変)		
1 (非球面1)	球面収差補正手段	880.783	1.200	1.52491	56.5
2 (非球面2)		-4.851	d2(可変)		
絞り			0.000		
3 (非球面3, 回折面1)	対物レンズ	2.001	1.683	1.52491	56.5
4 (非球面4)		24.912	0.575		
5 (非球面5)		0.982	1.088	1.52491	56.5
6		-5.337	0.150		
7	透明基板	∞	d9(可変)	1.61950	30.0
8		∞			

非球面係数

非球面1

κ=181947.0772

A₄=0.549647 × 10⁻²A₆=0.106005 × 10⁻²A₈=-0.755968 × 10⁻⁴A₁₀=-0.448479 × 10⁻³

非球面3

κ=-0.10247

A₄=-5.5546 × 10⁻³A₆=-1.5637 × 10⁻³A₈=-4.5919 × 10⁻⁴A₁₀=-9.0730 × 10⁻⁵A₁₂=-4.8123 × 10⁻⁶A₁₄=9.7834 × 10⁻⁶A₁₆=-3.0273 × 10⁻⁶

非球面5

κ=-0.312587

A₄=0.215505 × 10⁻¹A₆=-0.340499 × 10⁻¹A₈=0.120851 × 10⁰A₁₀=-0.107335 × 10⁰

回折面係数

回折面1

b₂=-1.5428 × 10⁻²b₄=-1.6716 × 10⁻⁴b₆=-4.3482 × 10⁻⁴

非球面1

κ=-1.956974

A₄=0.201267 × 10⁻²A₆=0.134232 × 10⁻²A₈=-0.165037 × 10⁻³A₁₀=-0.231114 × 10⁻³

非球面4

κ=-354.211152

A₄=0.287649 × 10⁻²A₆=0.713128 × 10⁻³A₈=0.232361 × 10⁻²A₁₀=-0.271692 × 10⁻²A₁₂=0.122473 × 10⁻²

【表 2 4】

実施例12

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	0.500
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.001λ	0.487
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	0.515
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005λ	0.543
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008λ	0.457
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.001λ	0.287
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.002λ	0.727

【表 2 5】

実施例13

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	1.500
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.001λ	1.411
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.001λ	1.586
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.007λ	1.562
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008λ	1.438
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.005λ	1.047
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.005λ	1.991

【表 2 6】

実施例14

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	0.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.001λ	0.479
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.001λ	0.524
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.003λ	0.473
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.004λ	0.524
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.006λ	0.251
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.007λ	0.772

【表 2 7】

実施例15

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d3(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	6.536	6.464
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.001λ	6.541	6.459
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.001λ	6.538	6.462
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.003λ	6.583	6.417
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.004λ	6.488	6.512
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.006λ	6.317	6.683
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.007λ	6.762	6.238

【表 2 8】

実施例16

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	11.560	5.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.002λ	11.496	5.064
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	11.622	4.938
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.004λ	11.690	4.870
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.005λ	11.431	5.129
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.011λ	11.120	5.440
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.011λ	12.025	4.535

【表 2 9】

実施例17

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.003λ	1.500
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	1.492
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005λ	1.795
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.006λ	1.211
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.007λ	0.260
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.007λ	2.892

【表 3 0】

実施例18

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.002λ	1.422
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	1.577
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005λ	1.693
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.005λ	1.308
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.007λ	0.543
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.007λ	2.563

【表 3 1】

実施例19

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.002λ	1.333
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.002λ	1.657
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.007λ	1.726
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.007λ	1.273
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.006λ	0.186
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.004λ	2.965

【表 3 2】

実施例20

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	8.188	4.812
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.004λ	8.211	4.789
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	8.161	4.839
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.006λ	8.306	4.694
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008λ	8.071	4.929
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.008λ	7.941	5.059
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.006λ	8.444	4.556

【表 3 3】

実施例21

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	7.990	5.010
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.002λ	7.939	5.061
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.002λ	8.039	4.961
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.003λ	8.065	4.935
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.003λ	7.914	5.086
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.010λ	7.770	5.230
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.010λ	8.216	4.784

【表 3 4】

実施例22

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)	d9(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.001λ	3.000	0.100
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.001λ	2.882	0.100
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.003λ	3.115	0.100
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.006λ	3.087	0.100
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008λ	2.913	0.100
透明基板厚さ変化		0.005λ	0.528	0.200

【表 3 5】

実施例23

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)	d9(可変)
基準状態 ($\lambda = 405\text{nm}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $t = 0.100\text{mm}$)		0.005λ	8.405	4.595	0.100
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.004λ	8.429	4.571	0.100
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.008λ	8.379	4.621	0.100
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005λ	8.521	4.479	0.100
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.013λ	8.290	4.710	0.100
透明基板厚さ変化		0.018λ	7.185	5.815	0.200

【表 3 6】

実施例一覧表	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
実施例	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.765
f (mm)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
NA	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
λ (nm)	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	58.5
ν d1	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5
ν d2	2.2	1.6	1.2	3.0	2.1	2.1	2.2	2.0	1.2	2.8	2.0
$1.1 \leq f1/f2 \leq 3.3$	1.2	1.2	1.2	2.7	0.4	1.2	1.1	1.2	1.2	3.1	0.4
$0.3 \leq (r2+r1)/(r2-r1) \leq 3.2$	-	-	-	-	-	0.20	0.05	0.20	0.23	0.20	0.15
$0.04 \leq f \cdot \lambda \cdot \Sigma (ni / (Mi \cdot Pi^2)) \leq 0.30$	-	-	-	-	-	0.20	0.05	0.20	0.23	0.20	0.15

また、実施例 1 2 ～ 2 3 における上述の各条件式の値を表 3 7 に示す。

【 0 2 3 4 】

【表 3 7】

実施例		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
球面収差補正手段	形態	ビームエキスパンダー		カップリングレンズ		ビームエキスパンダー		カップリングレンズ		ビームエキスパンダー		カップリングレンズ	
	構成	2群2枚		1群1枚		2群2枚		1群1枚		2群2枚		1群1枚	
	材料	ガラス		プラスチック		プラスチック		プラスチック		プラスチック		プラスチック	
	$ \delta FB (\mu m)$	0.12		0.10		0.09		0.04		0.04		0.04	
$ \delta FB \cdot NA^2 \leq 0.25 (\mu m)$		0.09		0.07		0.03		0.03		0.07		0.03	
$0.20 \leq n \cdot fc \cdot \lambda \cdot / (M \cdot P^3) \leq 1.00$		-		-		0.92		-		-		-	

(実施例 2 4, 2 5, 2 6)

【 0 2 3 5】

実施例 2 4, 2 5, 2 6 についてのレンズデータを表 3 8, 3 9, 4 0 にそれぞれ示す。いずれの実施例においても非球面プラスチックレンズを 2 枚組み合わせて N A が 0. 8 5 の対物レンズを得ている。

【 0 2 3 6】

【表 3 8】

実施例24

 λ 405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	N_d	ν_d
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	2.454	2.850	1.52491	56.5
3(非球面2)		8.957	0.100		
4(非球面3)		1.108	1.400	1.52491	56.5
5		∞	0.300		
6	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
7		∞	0.000		

非球面係数

非球面1

K	-1.4194E-01
A_4	-2.2034E-03
A_6	1.5180E-04
A_8	-2.5653E-04
A_{10}	-3.5698E-05
A_{12}	2.1881E-06
A_{14}	8.7335E-06
A_{16}	-1.9481E-06

非球面2

K	3.7095E+01
A_4	7.5947E-03
A_6	-9.4569E-03
A_8	-2.6912E-03
A_{10}	4.7391E-03
A_{12}	-1.9974E-03

非球面3

K	-7.1132E-01
A_4	6.5324E-02
A_6	-1.5684E-02
A_8	5.4690E-02
A_{10}	-1.9670E-02

【表 3 9】

実施例25

 λ 405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	N_d	νd
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	2.074	2.400	1.52491	56.5
3(非球面2)		8.053	0.100		
4(非球面3)		0.863	1.100	1.52491	56.5
5		∞	0.240		
6	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
7		∞	0.000		

非球面係数

非球面1

K	-1.2955E-01
A_4	-3.7832E-03
A_6	5.1667E-04
A_8	-1.1780E-03
A_{10}	-2.0628E-04
A_{12}	2.5941E-05
A_{14}	1.4917E-04
A_{16}	-5.1578E-05

非球面2

K	4.7554E+01
A_4	1.3641E-02
A_6	-2.9201E-02
A_8	-9.3339E-03
A_{10}	3.3011E-02
A_{12}	-2.2626E-02

非球面3

K	-7.1425E-01
A_4	1.3647E-01
A_6	-5.3414E-02
A_8	3.0269E-01
A_{10}	-1.6898E-01

【表 4 0】

実施例26

 λ 405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	N_d	ν_d
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	1.776	2.000	1.52491	56.5
3(非球面2)		7.120	0.100		
4(非球面3)		0.975	1.100	1.52491	56.5
5		∞	0.253		
6	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
7		∞	0.000		

非球面係数

非球面1

K	-1.8058E-01
A_4	-5.9021E-03
A_6	1.2566E-03
A_8	-1.6003E-03
A_{10}	-4.1637E-04
A_{12}	3.3619E-05
A_{14}	1.7795E-04
A_{16}	-6.6205E-05

非球面2

K	3.3791E+01
A_4	2.1872E-02
A_6	-2.4130E-02
A_8	-1.2718E-02
A_{10}	2.2673E-02
A_{12}	-1.3767E-02

非球面3

K	-7.7858E-01
A_4	1.2025E-01
A_6	-5.8633E-02
A_8	1.9722E-01
A_{10}	-1.1463E-01

各実施例24, 25, 26について図50, 図52, 図54に光路図を示し、図51, 図53, 図55に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。プラスチック材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約1.0, 飽和吸水率は0.01%以下であり、その結果、ガラス製のレンズ2枚を組み合わせた対物レンズの重量の半分以下にすることができ、NAが0.85と大きいにもかかわらず、約0.02~0.04g(鏡枠含まず)とすることができた。各表38~40に示

したとおり、第1面から第3面を非球面としている。さらに、2枚構成でNAが0.85と大きい対物レンズにもかかわらず、ワーキングディスタンスを大きく確保している。

【0237】

また、各実施例24, 25, 26の基準状態(温度25℃, 波長405nm)及び±30℃の温度変化時及び±10nmの波長変化時の波面収差の値を表42に示す。これからわかるように、いずれの実施例においてもNAが0.85と大きいプラスチック材料からなる対物レンズにもかかわらず、温度変化時及び波長変化時の波面収差の劣化は非常に小さい。ただし、温度変化時の光源の波長変化は+0.05nm/℃とした。また、その他上述の条件式(9)～(14)に関する値は表41に示すとおりである。表のレンズデータ及び図面において、10のべき乗数(例えば 2.5×10^{-3})を、E(例えば $2.5 \times E-3$)を用いて表す場合がある。

【0238】

【表41】

実施例一覧表

実施例	24	25	26
f (mm)	2.200	1.765	1.765
NA	0.85	0.85	0.85
λ (nm)	405	405	405
ENP (mm)	3.74	3.00	3.00
WD (mm)	0.30	0.24	0.25
ν d1	56.5	56.5	56.5
ν d2	56.5	56.5	56.5
$0.09 \leq WD/f \leq 0.24$	0.14	0.14	0.14
$0.07 \leq WD/ENP \leq 0.20$	0.08	0.08	0.08
$1.1 \leq f1/f2 \leq 5.0$	2.7	2.9	2.2
$0.3 \leq (r2+r1)/(r2-r1) \leq 4.8$	1.8	1.7	1.7

【表 4 2】

温度変化時及び波長変化時の波面収差

実施例	24	25	26
基準状態 (T=25℃, $\lambda=405\text{nm}$)	0.004 λ	0.004 λ	0.003 λ
$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	0.019 λ	0.017 λ	0.009 λ
$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	0.019 λ	0.015 λ	0.015 λ
$\Delta \lambda=+10\text{nm}$	0.008 λ	0.008 λ	0.002 λ
$\Delta \lambda=-10\text{nm}$	0.008 λ	0.007 λ	0.008 λ

次に、本発明による実施の形態としての光ピックアップ装置を図 4 7 により説明する。

【0 2 3 9】

図 4 7 の光ピックアップ装置は、本発明による上述のプラスチックレンズ 1 a、1 b を保持部材 1 c で一体に保持した 2 群 2 枚構成の対物レンズ 1 と、光源である半導体レーザ 3 と、光源 3 から射出される発散光の発散角を変換するカップリングレンズ 2 と、光情報記録媒体の情報記録面 5 からの反射光を受光する光検出器 4 とを備えている。対物レンズ 1 はカップリングレンズ 2 からの光束を光情報記録媒体の情報記録面 5 に集光する。

【0 2 4 0】

図 4 7 の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面 5 からの反射光を光検出器 4 に向けて分離するビームスプリッタ 6 と、カップリングレンズ 2 と対物レンズ 1 との間に配置された 1/4 波長板 7 と、対物レンズ 1 に前置された絞り 8 と、シンドリカルレンズ 9 と、フォーカス・トラッキング用の 2 軸アクチュエータ 10 とを備える。つまり、本実施形態において、集光光学系は、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4 波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施形態においては、ビームスプリッタは、集光光学系に

含まれないものと見なしてもよい。

【 0 2 4 1 】

また、対物レンズ 1 は、その保持部材 1 c の外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部 1 d を有する。このフランジ部 1 d により、対物レンズ 1 を光ピックアップ装置に精度よく取付けることができる。

【 0 2 4 2 】

そして、カップリングレンズ 2 は、入射された発散光束を光軸に対して、ほぼ平行光束にするコリメートレンズであっても良い。この場合は、コリメートレンズ 2 からの出射光束がほぼ平行光となるように、光源 3 もしくはコリメートレンズ 2 を、コリメートレンズの光軸方向に移動調整可能にすることが望ましい。

【 0 2 4 3 】

以上のように、本発明の光ピックアップ装置は、光源からの発散光束をほぼ平行光に変換するためのコリメートレンズと、該平行光を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良く、また、光源からの発散光束の角度を変えて発散光束又は収束光束に変換するための変換レンズであるカップリングレンズと、該カップリングレンズからの光束を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良い。また、光源からの発散光束を情報記録面に集光するための対物レンズ（有限共役型対物レンズ）のみで構成しても良い。

【 0 2 4 4 】

そして、このような光ピックアップ装置に本発明による対物レンズを使用することにより、光ディスク用の高密度記録再生が可能な光ピックアップ装置を得ることが出来る。

【 0 2 4 5 】

次に、図 4 8 に、図 4 7 の光ピックアップ装置に、球面収差補正手段としてカップリングレンズ 2 を光軸方向に沿って変移させるための 1 軸アクチュエータ 1 1 を備えさせた光ピックアップ装置を示す。

【 0 2 4 6 】

図 4 8 に示すように、変移装置としての 1 軸アクチュエータ 1 1 によって、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ 1 に入射する

光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。また、光源の半導体レーザ 3 の発振波長が変動した場合、温度或いは湿度が変化した場合、光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で球面収差が発生する場合等に、1 軸アクチュエータ 1 1 でカップリングレンズ 2 を光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ 1 に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【 0 2 4 7 】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ～ 1 8 に記載の発明によれば、対物レンズの高開口数（NA）化に対応し、高性能な対物レンズでありながら従来のプラスチックの単レンズと同様に安価で軽量の対物レンズを提供できる。

【 0 2 4 8 】

また、請求項 1 9 ～ 2 5 に記載の発明によれば、プラスチック材料から形成された 2 枚の正レンズからなる高 NA の対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供できる。

【 0 2 4 9 】

また、請求項 2 6 ～ 3 2 に記載の発明によれば、2 枚の正レンズからなる高 NA の対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供できる。

【 0 2 5 0 】

また、請求項 5 4 ～ 6 3 に記載の発明によれば、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳による対物レンズで発生する軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズを提供できる。

【 0 2 5 1 】

また、請求項 3 3 ～ 5 3 及び請求項 7 4 に記載の発明によれば、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で

効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供できる。

【 0 2 5 2 】

また、請求項 6 4 ～ 6 8 及び請求項 7 4 に記載の発明によれば、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳に起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供できる。

【 0 2 5 3 】

更に、請求項 6 9 ～ 7 3 及び請求項 7 4 に記載の発明によれば、短波長レーザ光源と高開口数の対物レンズとを備える場合、透明基板を挟んで複数の記録層を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行うことができる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施例 1 に関する光路図である。

【図 2】

実施例 1 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 3】

実施例 2 に関する光路図である。

【図 4】

実施例 2 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 5】

実施例 3 に関する光路図である。

【図 6】

実施例 3 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 7】

実施例 4 に関する光路図である。

【図 8】

実施例 4 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 9】

実施例 5 に関する光路図である。

【図 1 0】

実施例 5 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 1 1】

実施例 6 に関する光路図である。

【図 1 2】

実施例 6 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 1 3】

実施例 7 に関する光路図である。

【図 1 4】

実施例 7 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 1 5】

実施例 8 に関する光路図である。

【図 1 6】

実施例 8 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 1 7】

実施例 9 に関する光路図である。

【図 1 8】

実施例 9 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 1 9】

実施例 1 0 に関する光路図である。

【図 2 0】

実施例 1 0 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 2 1】

実施例 1 1 に関する光路図である。

【図 2 2】

実施例 1 1 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 2 3】

実施例 1 2 に関する光路図である。

【図 2 4】

実施例 1 2 に関する球面収差図である。

【図 2 5】

実施例 1 3 に関する光路図である。

【図 2 6】

実施例 1 3 に関する球面収差図である。

【図 2 7】

実施例 1 4 に関する光路図である。

【図 2 8】

実施例 1 4 に関する球面収差図である。

【図 2 9】

実施例 1 5 に関する光路図である。

【図 3 0】

実施例 1 5 に関する球面収差図である。

【図 3 1】

実施例 1 6 に関する光路図である。

【図 3 2】

実施例 1 6 に関する球面収差図である。

【図 3 3】

実施例 1 7 に関する光路図である。

【図 3 4】

実施例 1 7 に関する球面収差図である。

【図 3 5】

実施例 1 8 に関する光路図である。

【図 3 6】

実施例 1 8 に関する球面収差図である。

【図 3 7】

実施例 1 9 に関する光路図である。

【図 3 8】

実施例 1 9 に関する球面収差図である。

【図 3 9】

実施例 2 0 に関する光路図である。

【図 4 0】

実施例 2 0 に関する球面収差図である。

【図 4 1】

実施例 2 1 に関する光路図である。

【図 4 2】

実施例 2 1 に関する球面収差図である。

【図 4 3】

実施例 2 2 に関する光路図である。

【図 4 4】

実施例 2 2 に関する球面収差図である。

【図 4 5】

実施例 2 3 に関する光路図である。

【図 4 6】

実施例 2 3 に関する球面収差図である。

【図 4 7】

本実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

【図 4 8】

図 4 7 の光ピックアップ装置の別の例を概略的に示す図である。

【図 4 9】

式 (9) を説明するための 3 種類の対物レンズの球面収差図である。

【図 5 0】

実施例 2 4 に関する光路図である。

【図 5 1】

実施例 2 4 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 5 2】

実施例 2 5 に関する光路図である。

【図 5 3】

実施例 2 5 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図 5 4】

実施例 2 6 に関する光路図である。

【図 5 5】

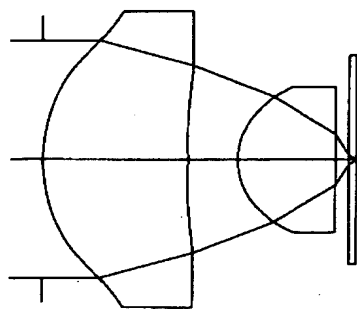
実施例 2 6 に関する球面収差図及び非点収差図である。

【符号の説明】

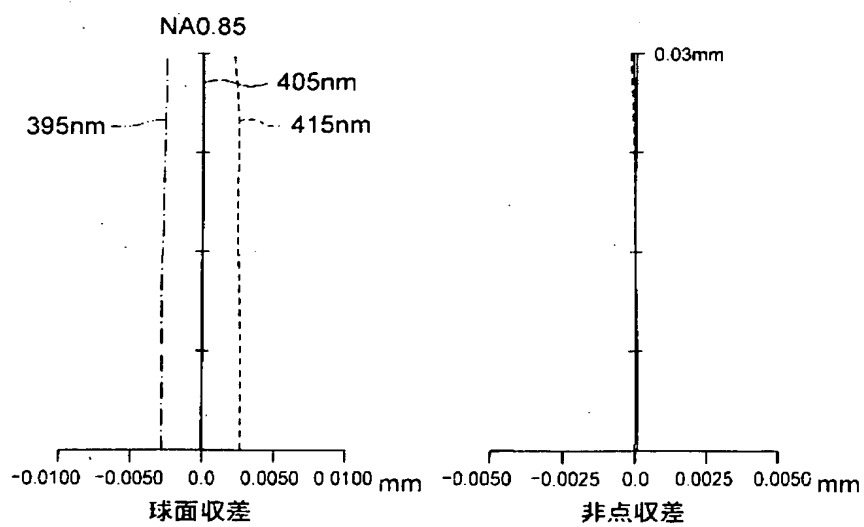
- | | |
|-----|----------------------|
| 1 | 対物レンズ |
| 2 | カップリングレンズ |
| 3 | 半導体レーザ（光源） |
| 4 | 光検出器 |
| 5 | 情報記録面 |
| 1 0 | 2 軸アクチュエータ |
| 1 1 | 1 軸アクチュエータ（球面収差補正手段） |

【書類名】 図面

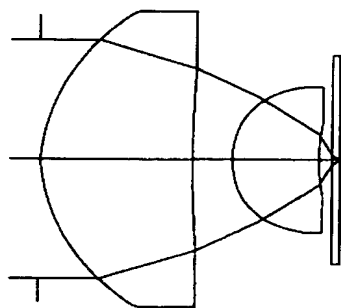
【図 1】



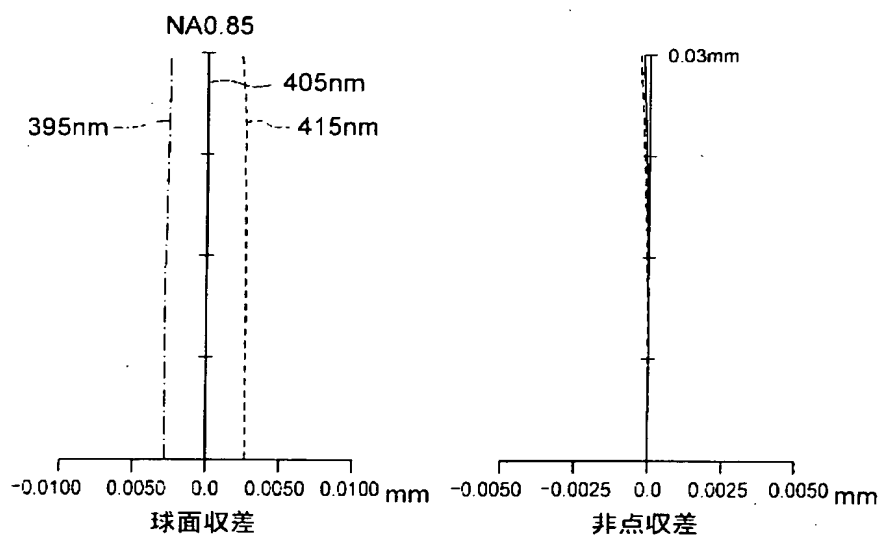
【図 2】



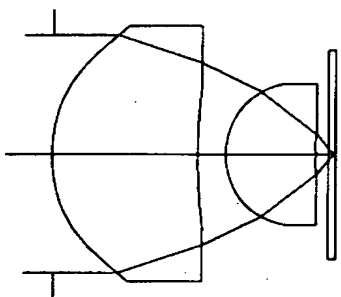
【図3】



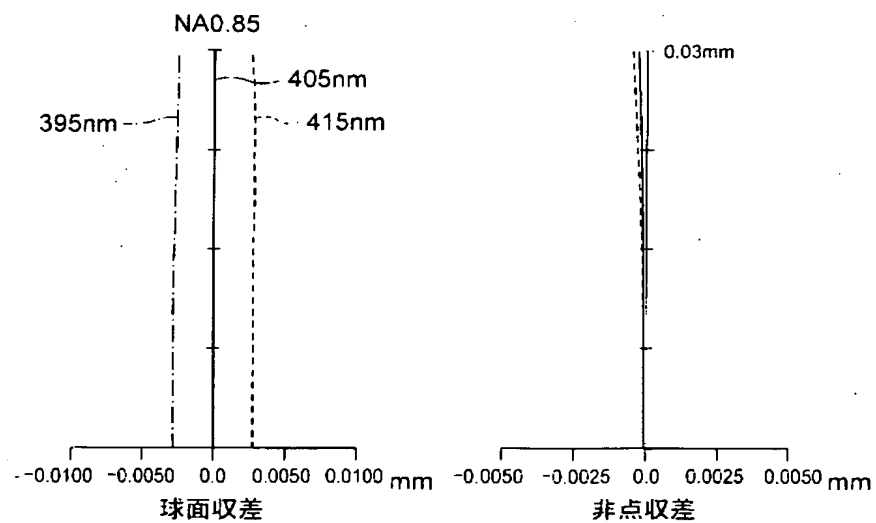
【図4】



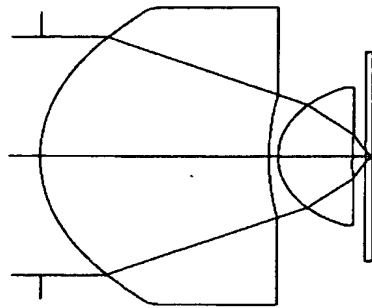
【図 5】



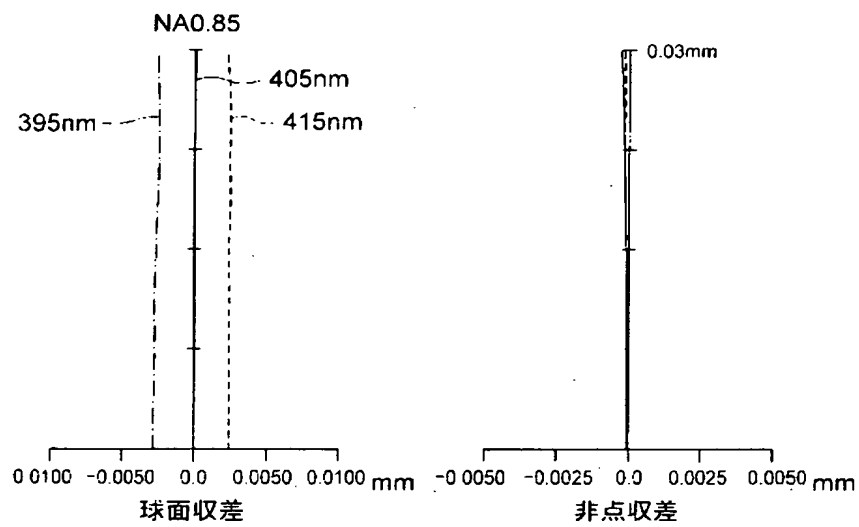
【図 6】



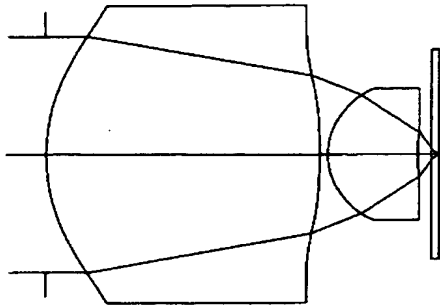
【図 7】



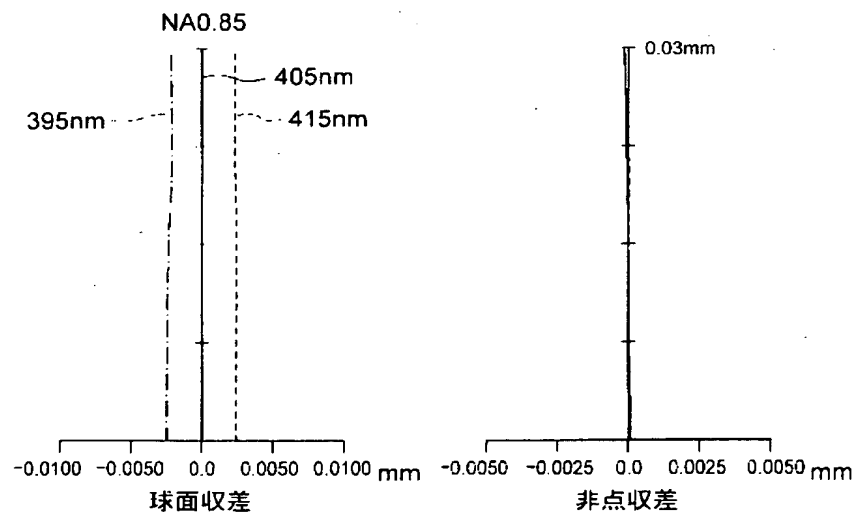
【図 8】



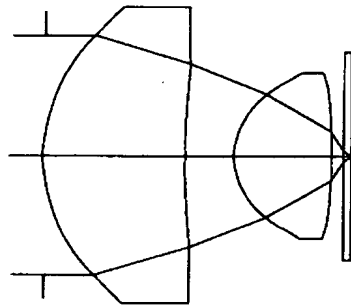
【図 9】



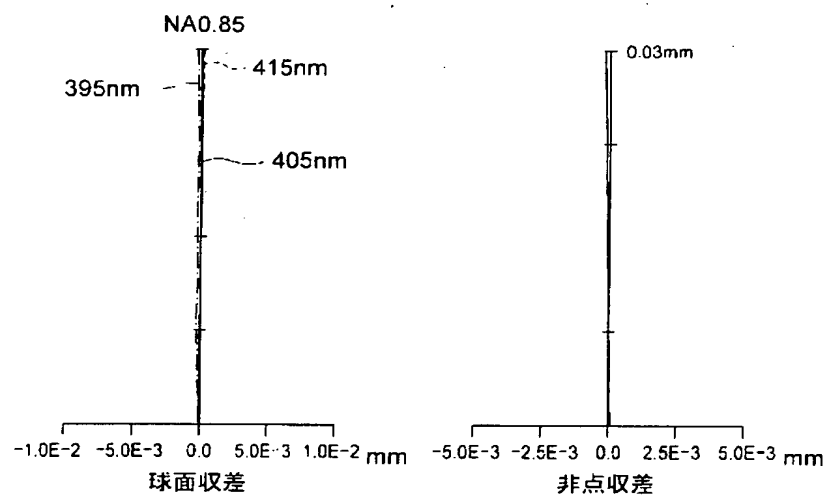
【図 1 0】



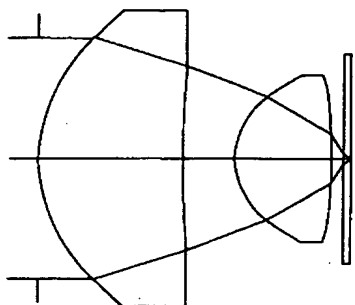
【図 1 1】



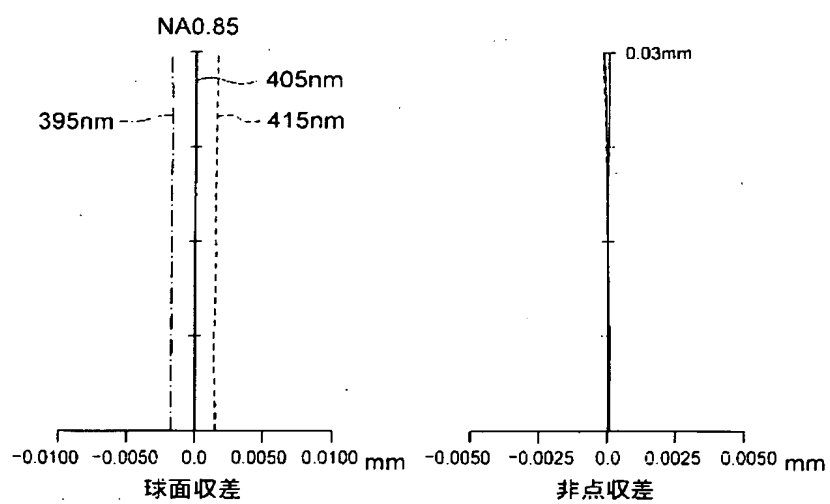
【図 1 2】



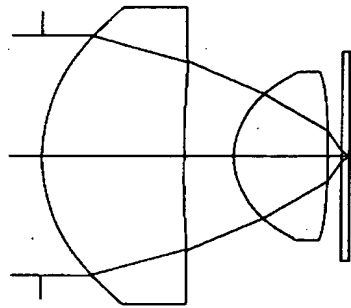
【図 13】



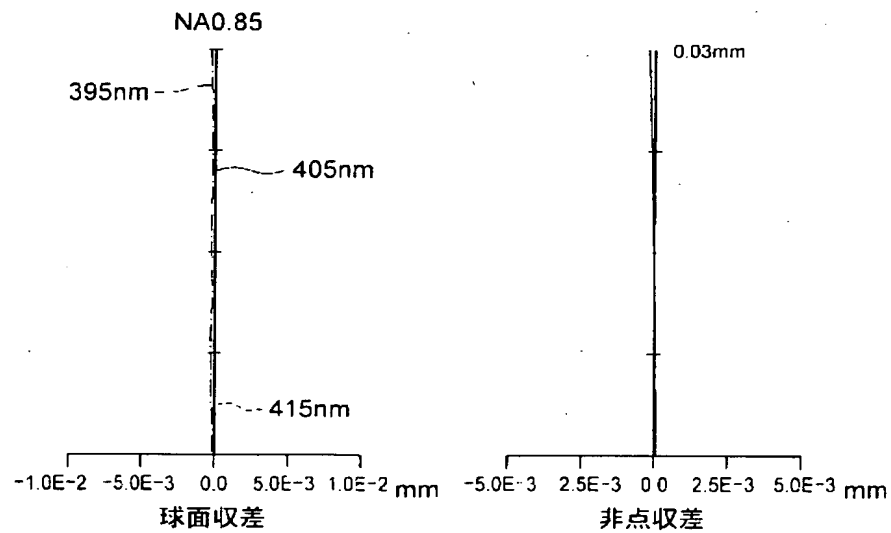
【図 14】



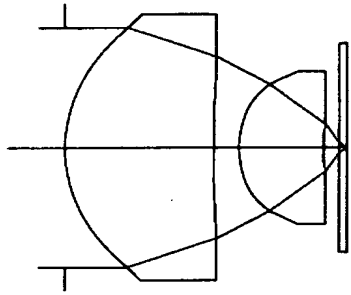
【図 15】



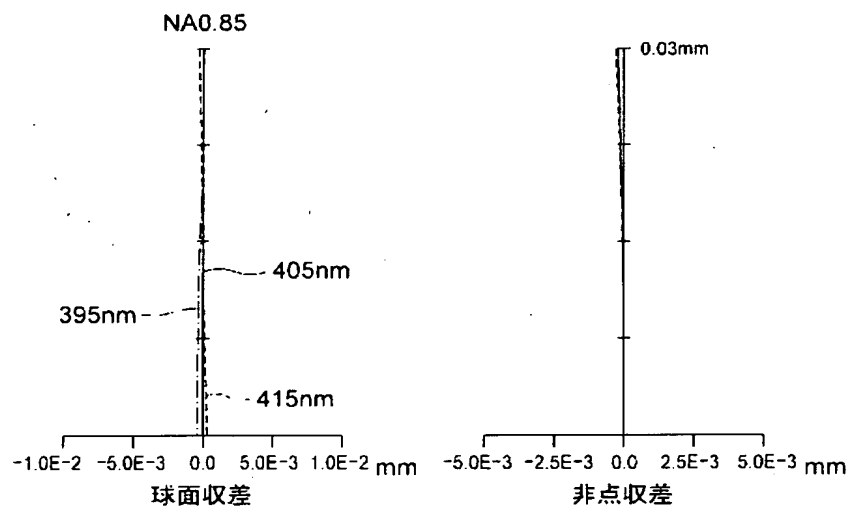
【図 16】



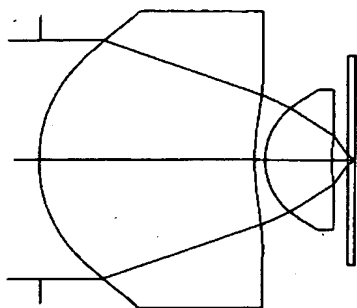
【図 17】



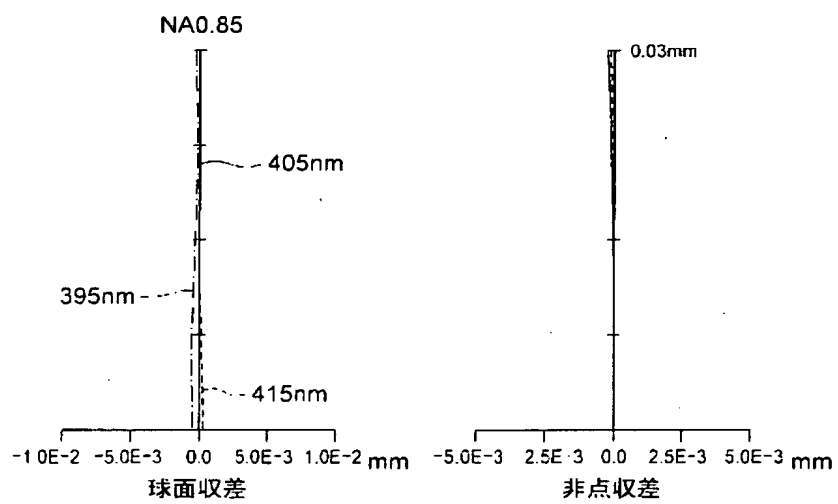
【図 18】



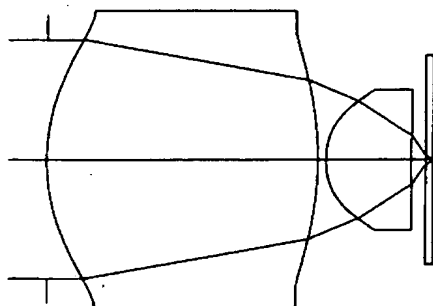
【図 1 9】



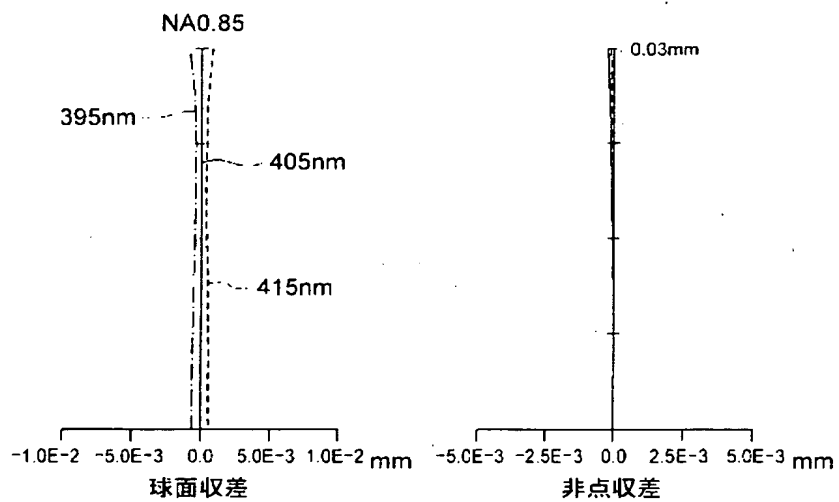
【図 2 0】



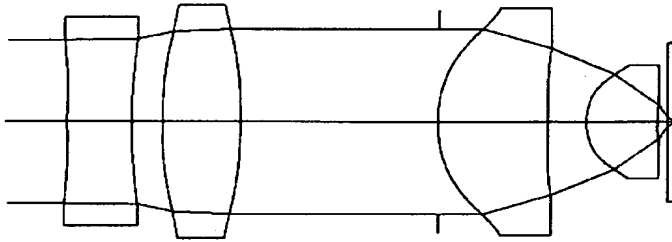
【図 2 1】



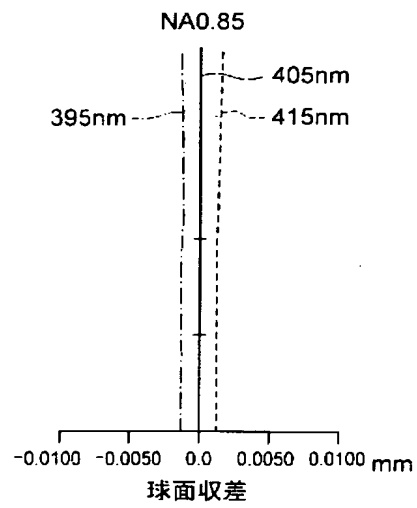
【図 2 2】



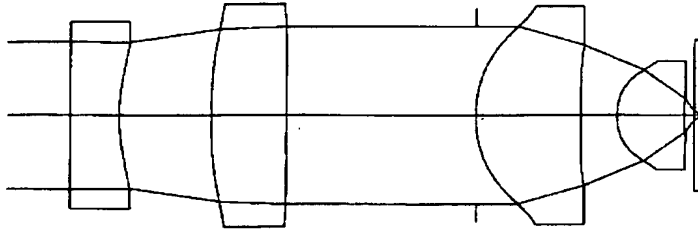
【図 2 3】



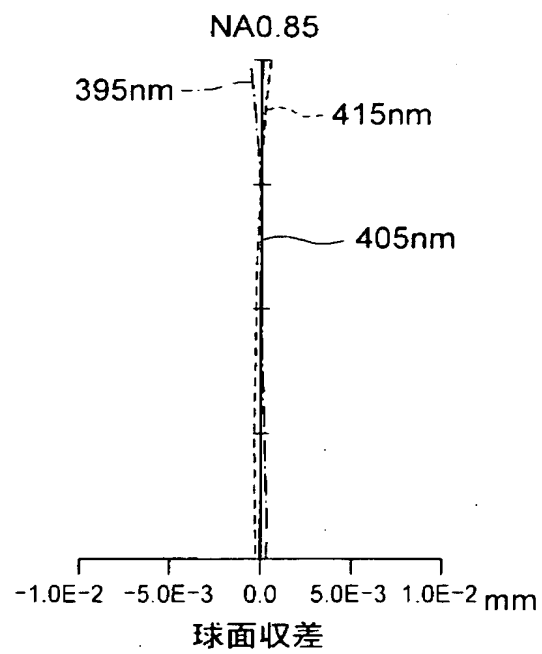
【図 2 4】



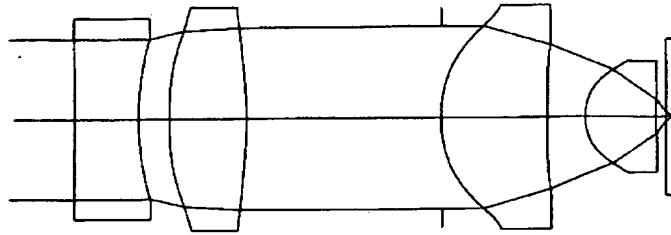
【図 2 5】



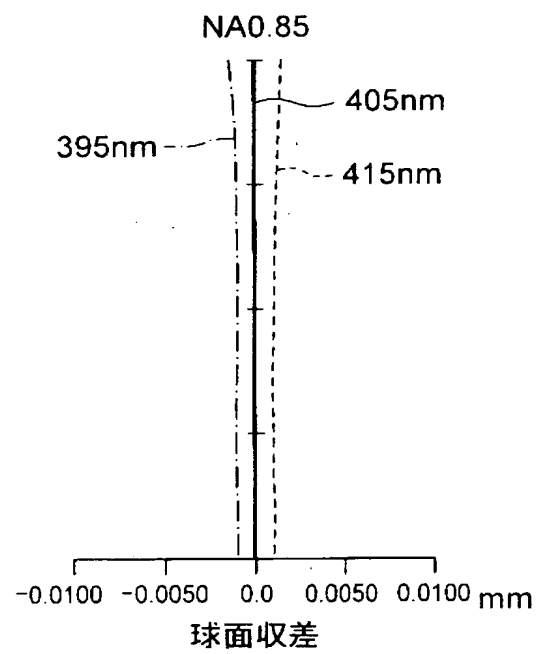
【図 2 6】



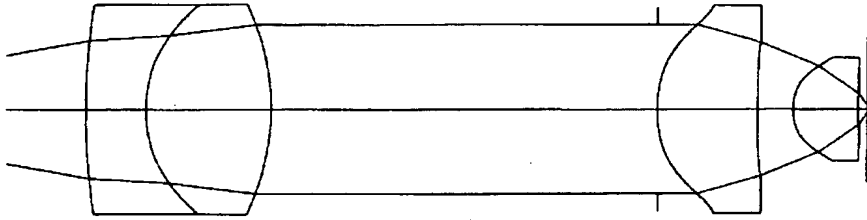
【図 2 7】



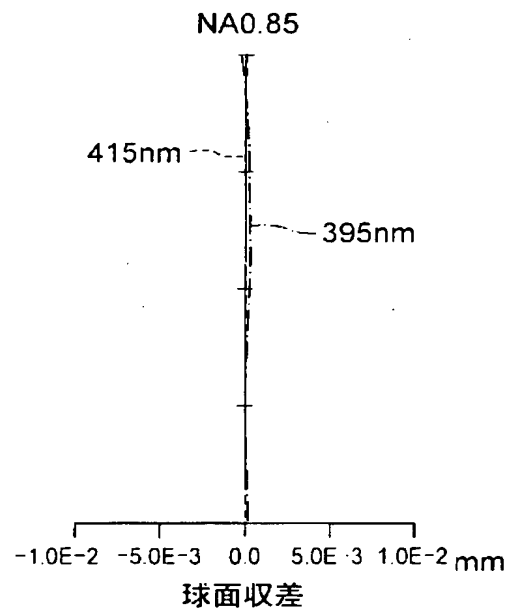
【図 2 8】



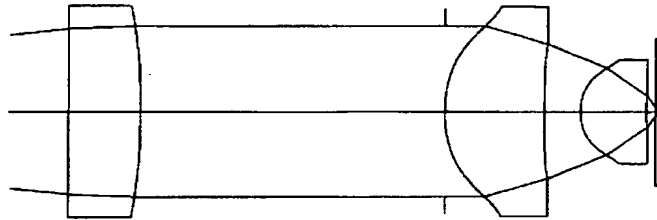
【図 2 9】



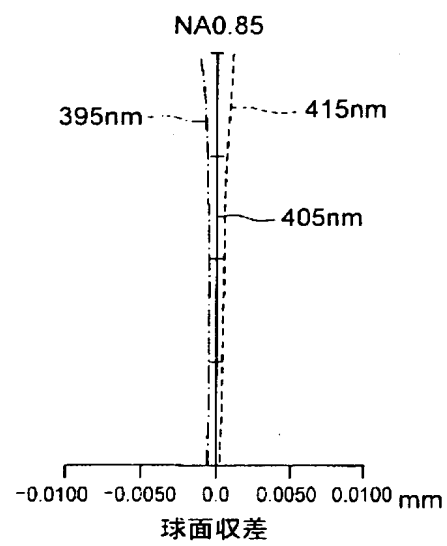
【図 3 0】



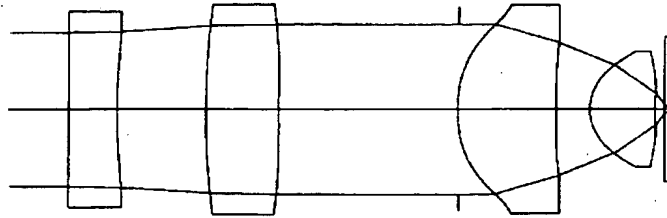
【図 3 1】



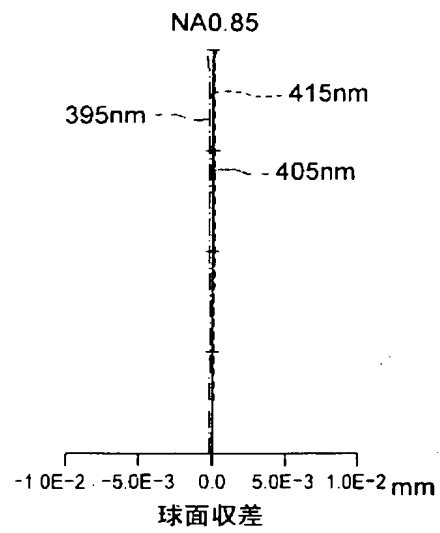
【図 3 2】



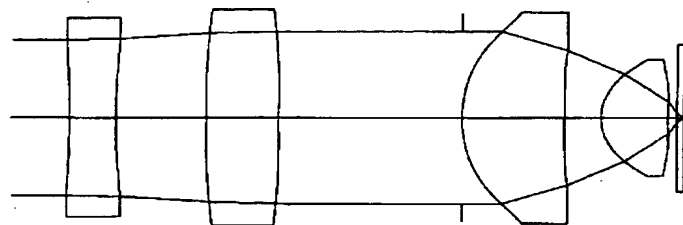
【図 3 3】



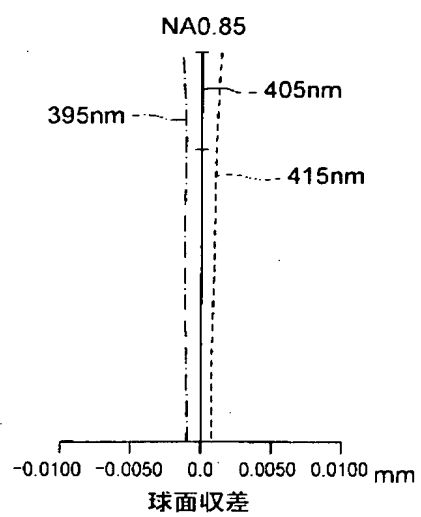
【図 3 4】



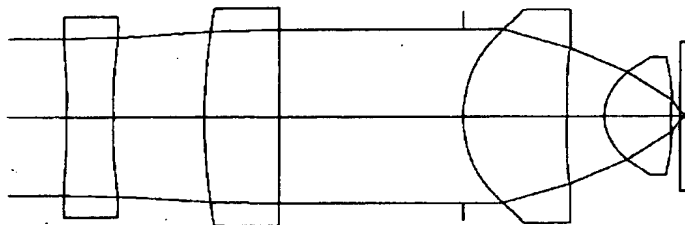
【図 3 5】



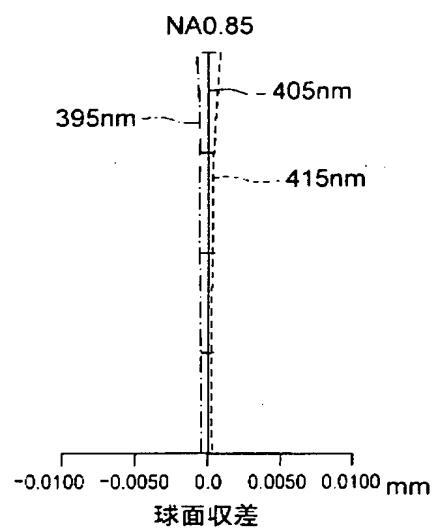
【図 3 6】



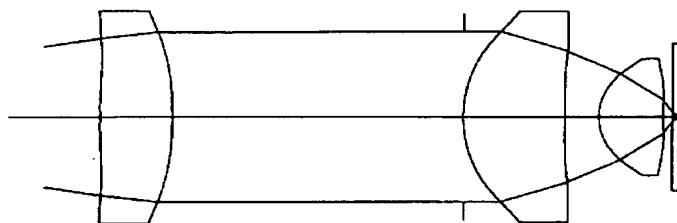
【図 3 7】



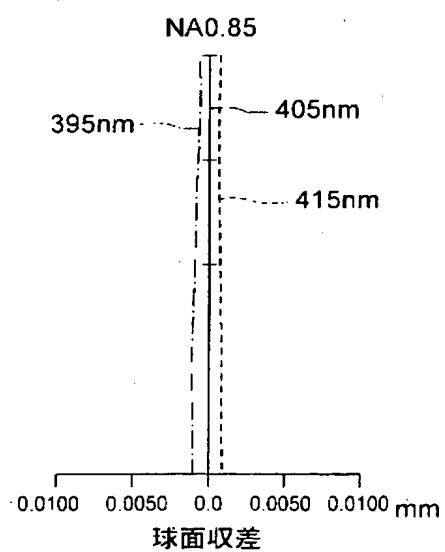
【図 3 8】



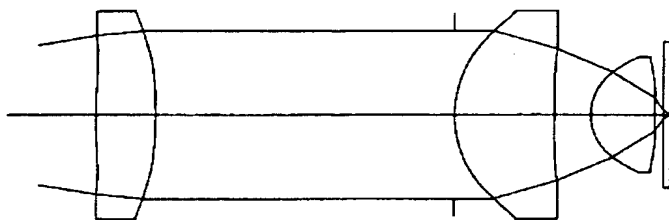
【図 3 9】



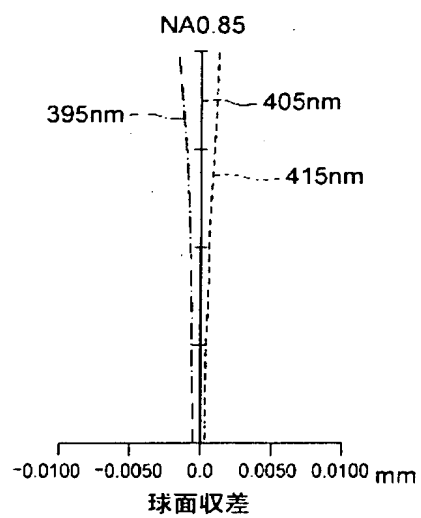
【図 4 0】



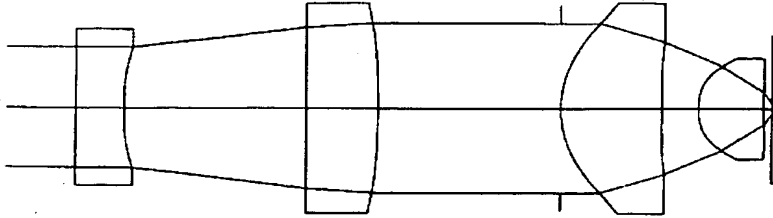
【図 4 1】



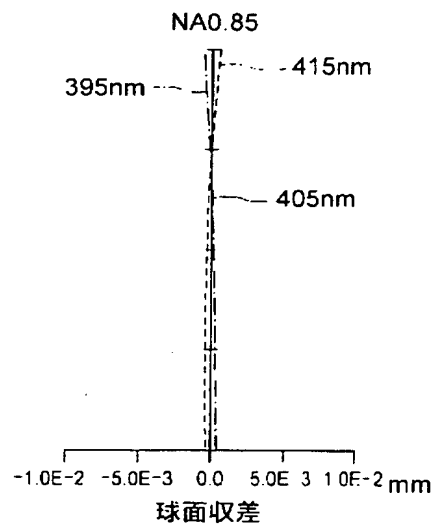
【図 4 2】



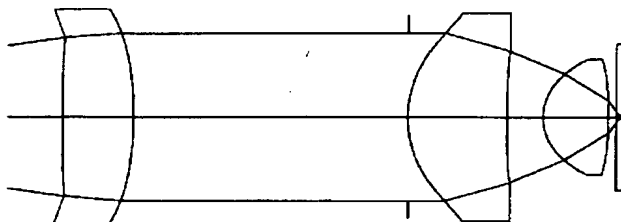
【図 4 3】



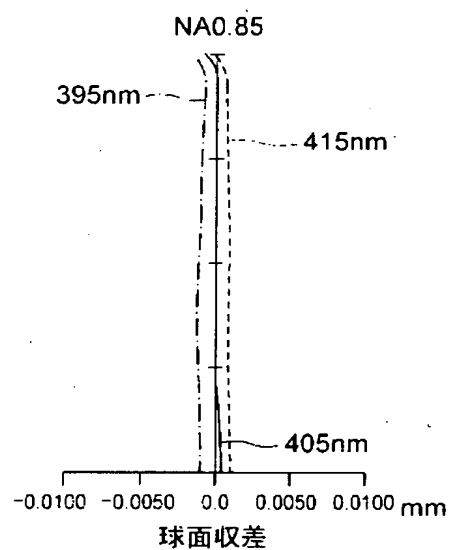
【図 4 4】



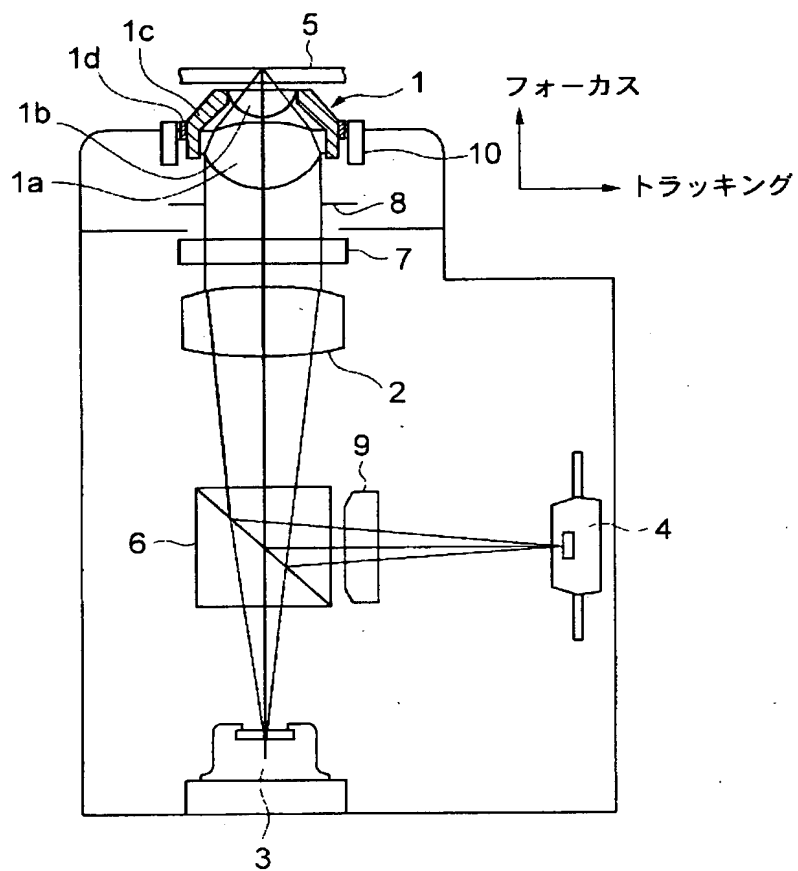
【図 4 5】



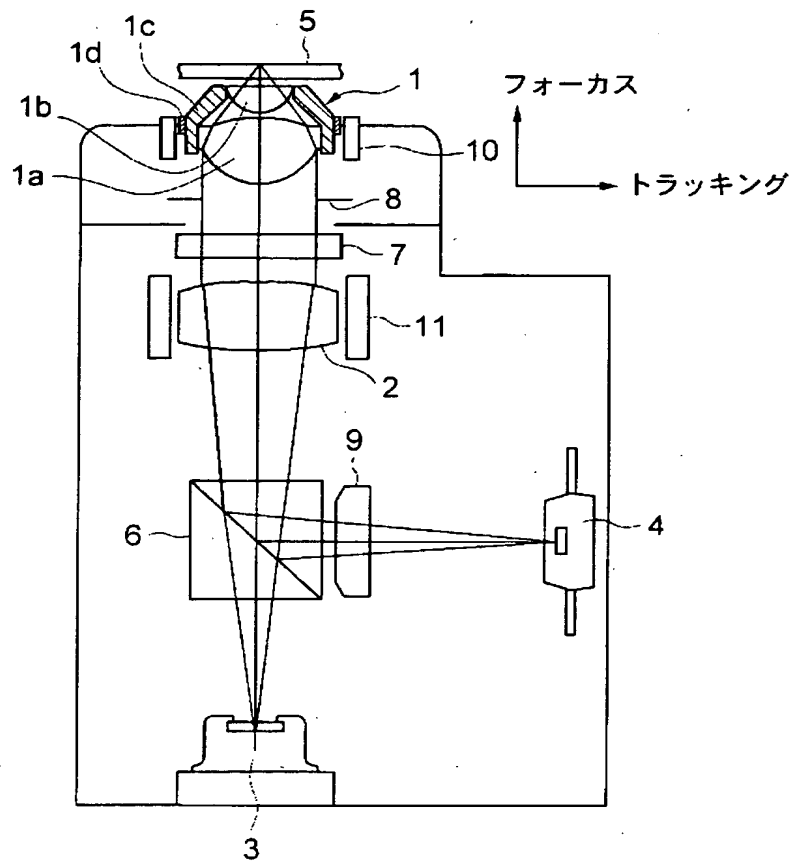
【図 4 6】



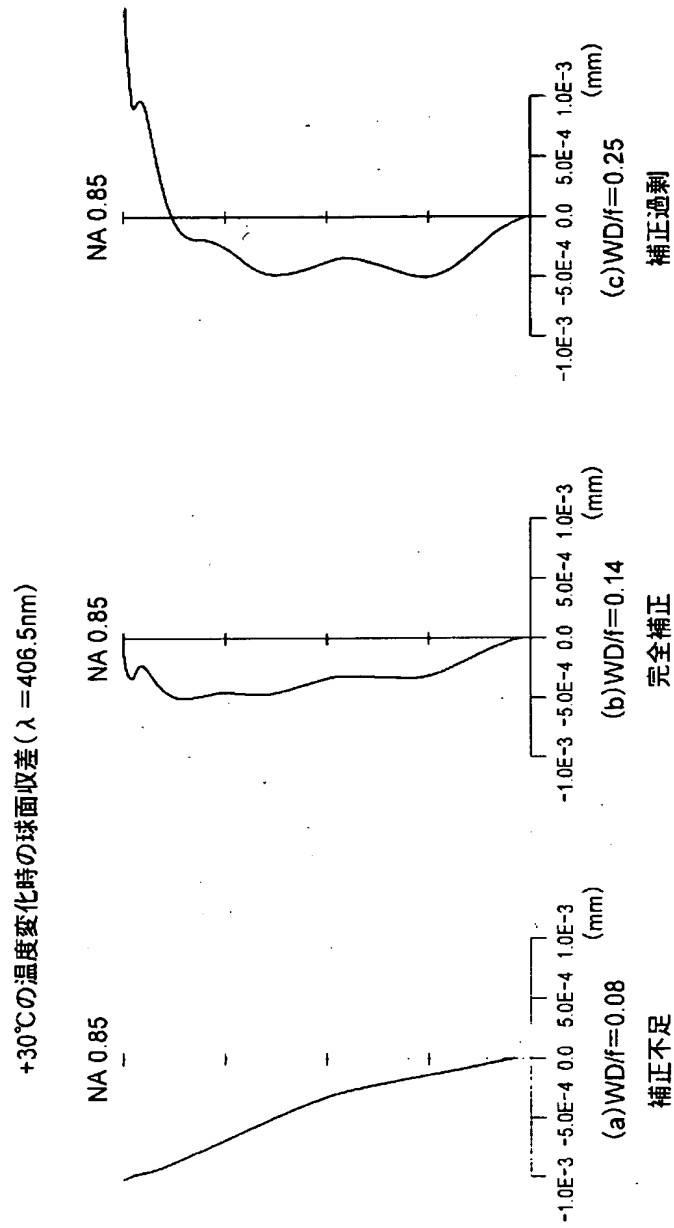
【図 47】



【図48】

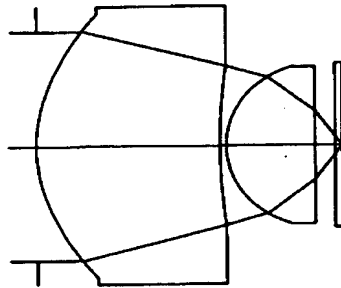


【図 4 9】

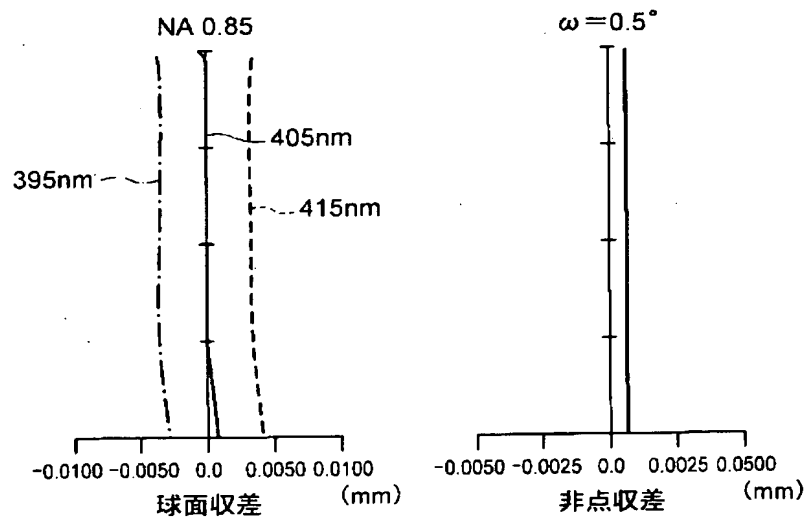


ただし、温度変化時の光源の波長変化量を+0.05nm/℃とした。

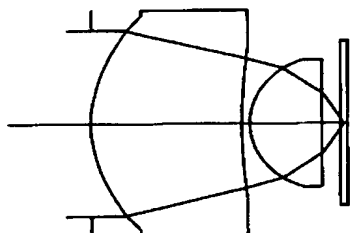
【図 5 0】



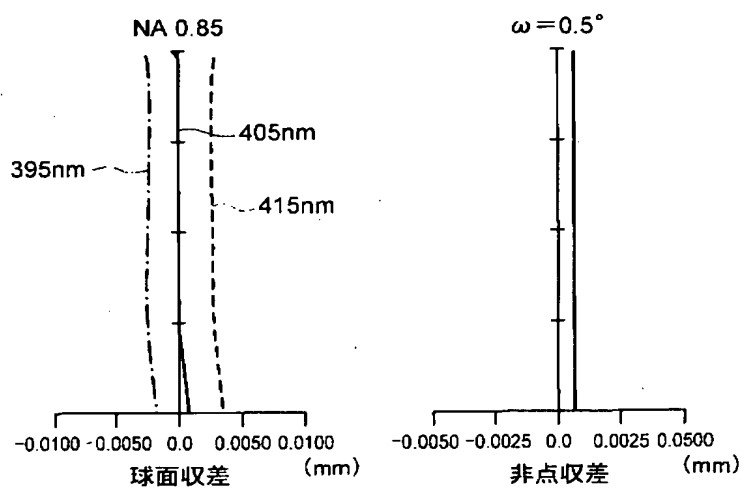
【図 5 1】



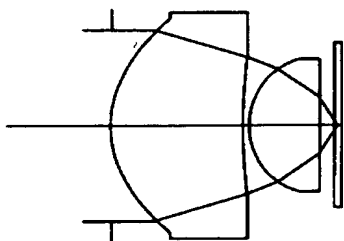
【图 5 2】



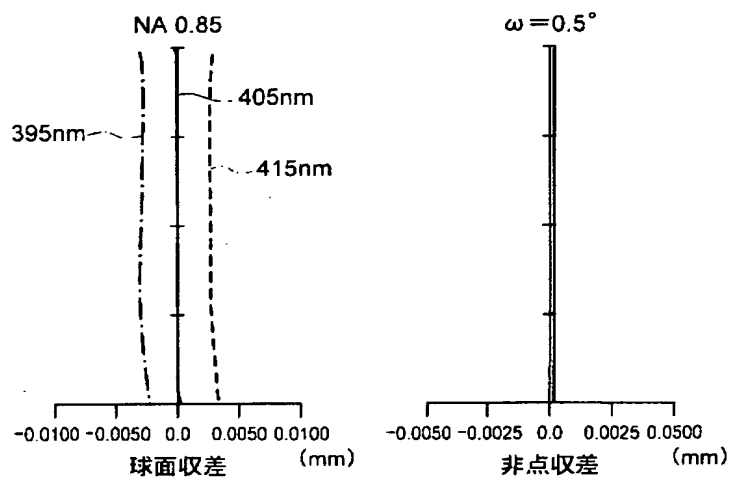
【图 5 3】



【图 5 4】



【图 5 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対物レンズの高開口数化に対応し、高性能な対物レンズでありながら従来のプラスチックの単レンズと同様に安価で軽量であり、利用可能な温度範囲が大きく、小径でかつワーキングディスタンスが大きい対物レンズを提供する。レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳による対物レンズで発生する軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズを提供する。更に、各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 対物レンズは、光情報記録媒体の記録または再生用であり、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、第1レンズおよび第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料またはプラスチック材料から形成され、次式を満たす。 $NA \geq 0.70$ (NA: 光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数)。カップリングレンズは、光情報記録媒体の記録または再生用の光源からの光をコリメートし、対物レンズへ入射させ、使用波長より10nm短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正した。集光光学系及びピックアップ装置は、上述の対物レンズ及びカップリングレンズを備え、更に球面収差補正手段を備える。

【選択図】 図48

特 2000-368383

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-368383
受付番号	50001559236
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年12月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年12月 4日

次頁無

特 2000-368383

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日	1990年 8月14日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
氏 名	コニカ株式会社